4

ESTUDIO DE TRANSCEPTORES

1.- INTRODUCCIÓN
1.1.- Modulación y demodulación (2)

2.- EMISIÓN Y RECEPCIÓN (3)
2.1.- El transmisor (3)
2.2.- El receptor (7)
2.2.1.- El receptor superheterodino (8)
2.2.2.- Frecuencia imagen (9)
2.2.3. - Diferencias entre receptores de AM y FM (11)

3.- DESCRIPCIÓN DEL TRANSCEPTOR "INTEK" (12)

4.- DESCRIPCION DEL TRANSCEPTOR "KENWOOD" (13)
3.1.- Especificaciones del Kenwood TK-801S (13)
3.2.- Especificaciones del Kenwood TK-701S (14)
3.3.- Manual del usuario (14)

5.- ANALIZADOR DE TRANSCEPTORES HP 8920A (16)
5.1.- Generalidades (16)
5.2.- Esquema de conexiones (18)
5.3.- Estructura y funcionamiento del HP 8920A (19)

6.- ESTUDIO DEL TRANSMISOR (21)
6.1 Medida de: Frecuencia, error de frecuencia, potencia, desviación de frecuencia (21)
6.2.- El osciloscopio y el analizador de espectros (25)
6.3.- Estudio de las emisiones no esenciales (26)
6.4.- Potencia en el canal adyacente (29)
6.5.- Respuesta del transmisor a la audiofrecuencia (31)

7.- ESTUDIO DEL RECEPTOR (32)
7.1.- Medida de la sensibilidad máxima utilizable (32)
7.2.- Respuesta en amplitud del limitador (eficacia del c.a.g.) (33)
7.3.- Medida de la relación señal / ruido (s/n) (34)

8.- TABLA RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE MEDIDA. (34)

9.- OTRAS FUNCIONES DEL MEDIDOR DE TRANSCEPTORES (35)

ESTUDIO DE TRANSCEPTORES

1.- INTRODUCCIÓN

MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN

Teniendo en cuenta que el tema ya se ha introducido en las dos prácticas anteriores, repasaremos algunos conceptos y definiciones.

Modulación es el proceso de variar alguna característica (amplitud, frecuencia o fase), de una onda (portadora) en función del valor instantáneo de otra onda (moduladora). Normalmente la portadora es senoidal.

Modulador es un circuito en el que la portadora y la señal moduladora llegan juntas para producir una portadora modulada.

Demodulación es el proceso mediante el cual se extrae la información contenida en una portadora modulada. La demodulación es parte del proceso de recepción y se realiza en el demodulador.

La banda base es el margen de frecuencias ocupado por la señal moduladora antes de que module a la onda portadora. La señal en banda base está, generalmente, en frecuencias, sustancialmente, más bajas que la portadora. En una comunicación telefónica o de servicio móvil, la moduladora va de 300 Hz a 3 KHz. En emisiones de radiodifusión comercial de FM suele llegar a 15 KHz.

Ancho de banda: Es la parte del espectro de frecuencias requerido para transmitir la información de interés (sonido, imagen...). Cuando una portadora está modulada se producen bandas laterales. Las bandas laterales son las bandas de frecuencia a ambos lados de una portadora resultantes de la suma o diferencia de la señal de banda base y la portadora.

El proceso de modulación genera dos bandas laterales: la banda lateral superior, BLS (USB Upper Side Band) y la banda lateral inferior, BLI (LSB Lower Side Band La BLS y BLI son imágenes espectrales una de otra y llevan información idéntica.

Algunos sistemas de modulación transmiten sólo una banda lateral y suprimen, total o parcialmente, la otra, con el fin de reducir el ancho de banda y la potencia.

Ancho de banda ocupado es la banda de frecuencias que comprenda toda frecuencia discreta a la que corresponda por lo menos el 0'5% de la potencia media total emitida.

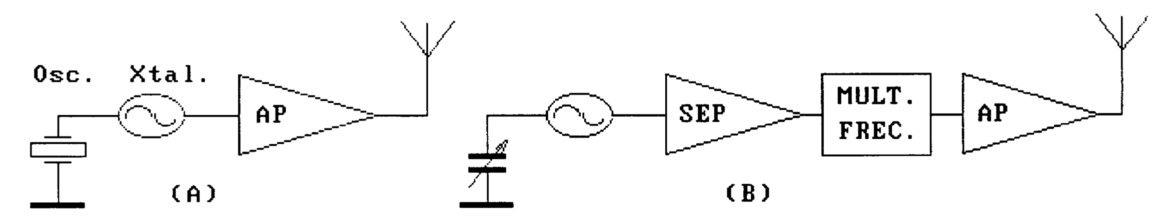
Ancho de banda necesario es la parte del ancho de banda ocupado suficiente para asegurar la transmisión de la información a la cadencia y con la calidad requerida.

2.- EMISIÓN Y RECEPCIÓN

Dividiremos el estudio en dos partes: el equipo transmisor y el receptor.

2.1.- EL TRANSMISOR

El transmisor más elemental está compuesto de una sola etapa: Controla la frecuencia mediante un cristal de cuarzo y sirve únicamente para la comunicación en morse (en continua = CW). La ilustr. 10 presenta dos diagramas de bloques típicos.



Ilustr. 10 Transmisor básico

El esquema A de la ilustr.10 podría simplificarse todavía más si eliminamos la etapa amplificadora, pero no sería adecuado, dada su poca eficacia y su tendencia a generar una señal de CW gorgojeante, a menos que se trabaje con una carga muy ligera.

Al incluir la etapa amplificadora (amplificador-separador o buffer) el comportamiento es aceptable.

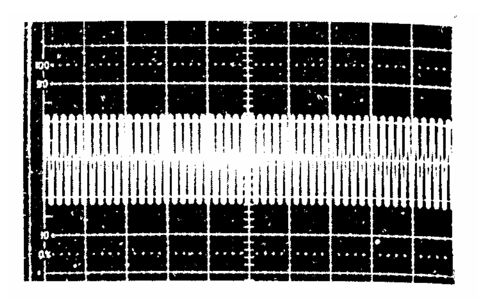
El esquema B es una ampliación del A en el que se incluye una etapa multiplicadora de frecuencia.

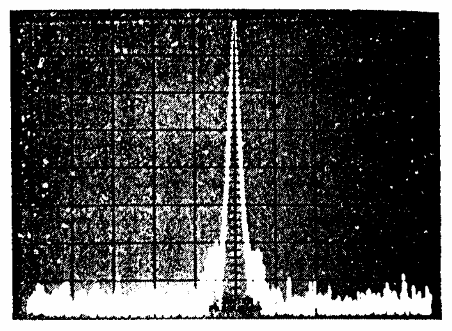
La diferencia entre la Modulación AM y la AM de BLU es que en esta última suprimimos, mediante un filtro, una de las bandas laterales o bien una banda lateral y la portadora. En caso de suprimir también la portadora se llama BLUPS (Banda Lateral Única con Portadora Suprimida).

En la ilustracion 11 podemos ver en el dominio del tiempo y de la frecuencia, una portadora sin modular y una AM normal (es decir: AM DBL) En la Ilustr. 12 Tenemos una AM BLU y una AM BLUPS.

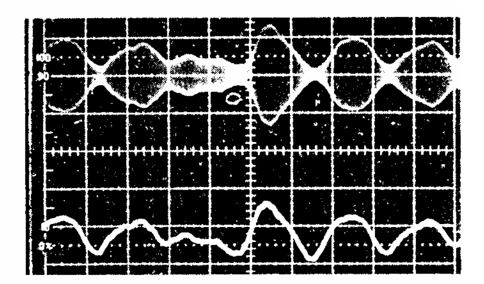
La ventaja de eliminar una banda lateral e incluso la portadora es ocupar un ancho de banda inferior y obtener un mayor rendimiento en potencia. En contrapartida, el receptor es más complicado

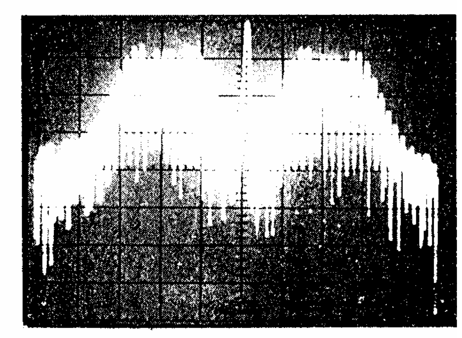
Como ejemplo de transmisor de AM comentaremos el esquema en bloques de la ilustr. 13, que es un TX de BLU.





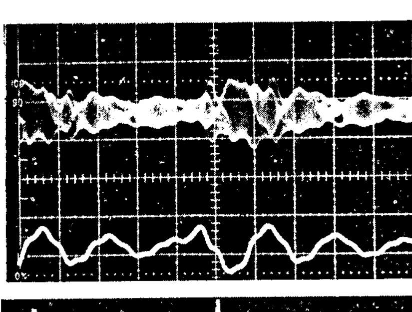
– La foto superior es una imagen de osciloscopio de una portadora de RF no modulada. El eje vertical (Y) muestra la amplitud, y el eje horizontal (X) el tiempo. La foto inferior es una imagen con analizador de espectro, en la que la amplitud se muestra en el eje Y y la frecuencia en el eje X. Observe que sólo hay una línea que representa la amplitud en la frecuencia de portadora.

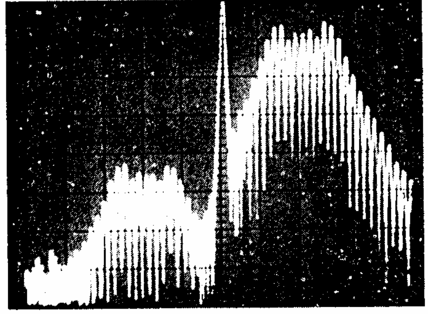




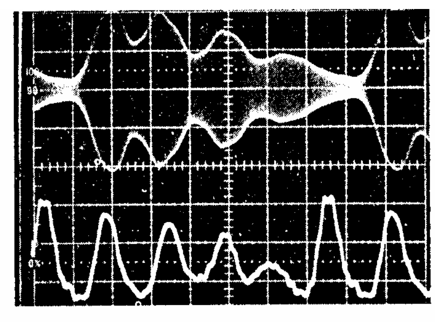
– Señal de AM DBL modulada por la voz. En la parte superior se ve la imagen de un osciloscopio de doble trazo de amplitud (eje Y) respecto al tiempo (eje X). La traza inferior es la señal de banda base de voz. La traza superior es la portadora modulada al 100 % por la señal de voz. La foto inferior es la imagen con analizador de espectro de la amplitud (eje Y) respecto a la frecuencia (eje X).

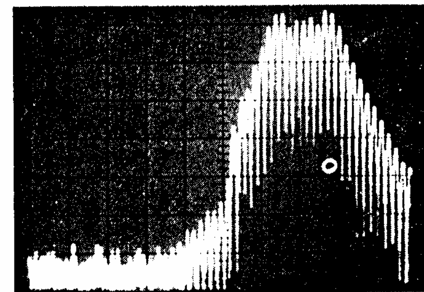
Ilustr. 11 Portadora sin modular y AM DBL.





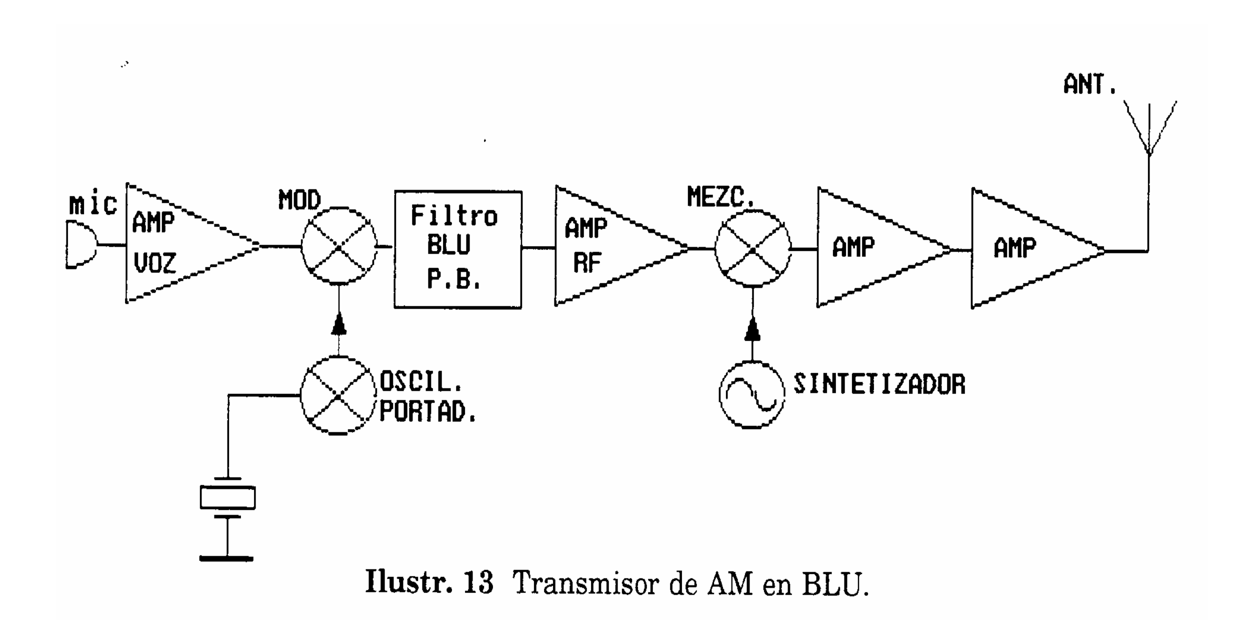
– Imágenes de una señal de telefonía de banda lateral única con portadora completa o compatible con AM (CAM). En la parte superior está la imagen con osciloscopio de doble traza de la amplitud (eje Y) respecto al tiempo (eje X). La traza inferior es la banda base de la señal de voz. La traza superior es la señal de RF CAM. La foto inferior es la imagen del analizador de espectro de la amplitud (eje Y) respecto a la frecuencia (eje X).





– Modulación de voz de banda lateral única con portadora suprimida. En la parte superior, imagen con osciloscopio de doble traza de la amplitud (eje Y) respecto al tiempo (eje X). La traza inferior es la banda base de la señal de voz. La traza superior es la señal de telefonía de BLUPS. La foto inferior es la imagen del analizador de espectro de la amplitud (eje Y) respecto a la frecuencia (eje X).

Ilustr. 12 Modulación AM BLU PC y AM BLU PS.



Ilustr. 13 Transmisor de AM en BLU.

La señal moduladora ,que en este caso es la voz, entra junto con la portadora en un modulador equilibrado. La portadora se genera en un oscilador a cristal para obtener la máxima estabilidad en frecuencia. A la salida del modulador obtenemos una portadora modulada en AM de DBL.

En el siguiente paso se trata de dejar sólo una de las bandas laterales mediante un filtro paso-banda de cuarzo alineado con la banda lateral a transmitir. Este filtro ha de ser muy selectivo.

La siguiente etapa amplifica la señal de RF obtenida y a continuación se mezcla con la de un oscilador variable con objeto de transmitir a la frecuencia que nos interese.Una vez amplificada se lleva a la antena.

En el esquema en bloque de la **Ilustr.14** se muestra un TX de F

NOTAS:

1ª La diferencia entre un ***Modulador*** *y un* ***Mezclador*** *es que el Modulador nos da una portadora y las bandas laterales, mientras que el mezclador nos da la suma y la diferencia de las dos señales.*

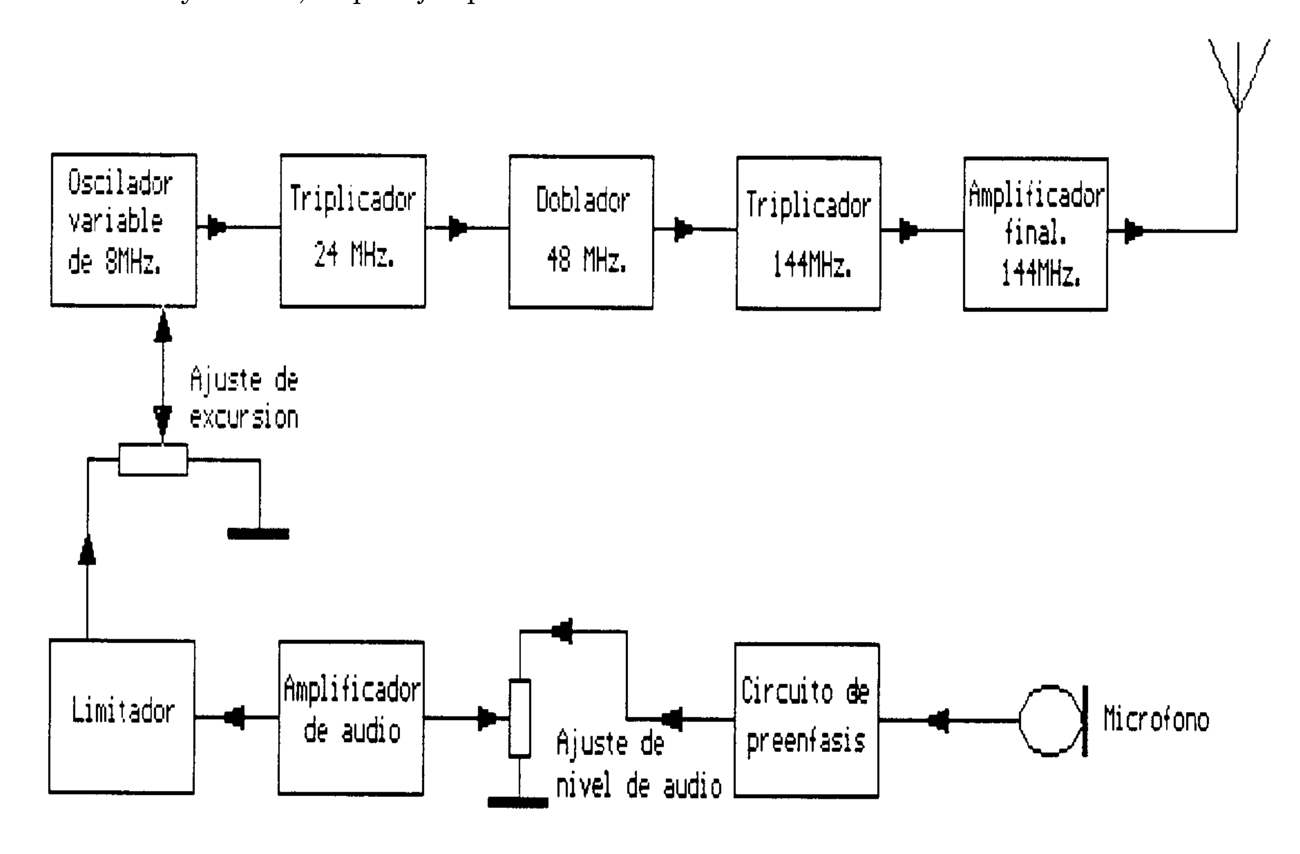
2ª Se hace la Modulación a más baja frecuencia para facilitar la construcción del filtro BLU, pues a medida que sube la frecuencia aumenta la dificultad.

En FM la información se introduce en la señal de portadora modulando su frecuencia y no su amplitud que debe permanecer constante.

A la variación de frecuencia en FM se le llama excursión o desviación de frecuencia. Cuanto más elevada sea la excursión mayor ser la información que contendrá la emisión; el ancho de banda ocupado crecerá y la relación S/N aumentará en el receptor.

La ilustración 14 es el diagrama en bloques de una emisora de FM típica. La señal de audio procedente del micrófono pasa por un filtro de pre-énfasis con objeto de mejorar la relación S/N. Este filtro refuerza los armónicos altos en 6 dB/octava. Para recuperar la señal en su debida proporción, en la recepción se atenúan también en 6 dB/ octava, es lo que se llama de-énfasis.

Un amplificador de audio seguido de un limitador, amplifica las señales del micrófono, impidiendo que haya alguna señal que supere el umbral del limitador. Finalmente existe un ajuste de excursión que consiste en un potenciómetro cuya toma central va a un diodo de capacidad variable o varicap, el cual forma parte de un oscilador variable muy estable, de por ejemplo 8 MHz.

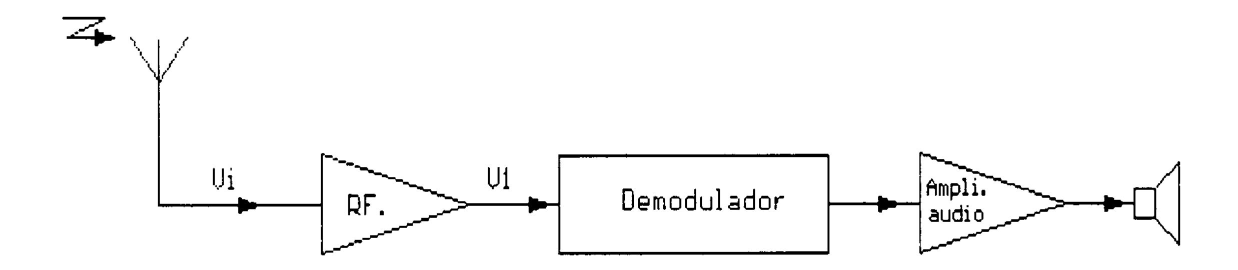


Ilustr. 14 Transmisor de FM

La frecuencia obtenida se multiplica en varios pasos hasta obtener la frecuencia de trabajo, por ejemplo 144 MHz. En este caso se multiplicarían los 8 MHz. por 18. Después sólo hace falta amplificar la señal para obtener la potencia necesaria en antena.

2.2.- RECEPTOR

Los primeros receptores de radio respondían, en esencia, al siguiente diagrama de bloques, donde podemos apreciar las siguientes partes:

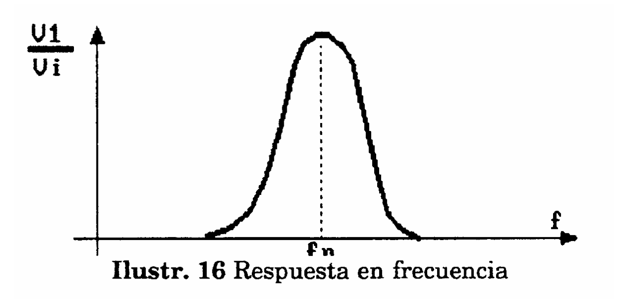


Ilustr. 15 Receptor básico.

a) Amplificador de R.F. sintonizado

Es un amplificador de **RF** sintonizado a la frecuencia que deseamos recibir (es la frecuencia de portadora, (**Ilustr. 16**)

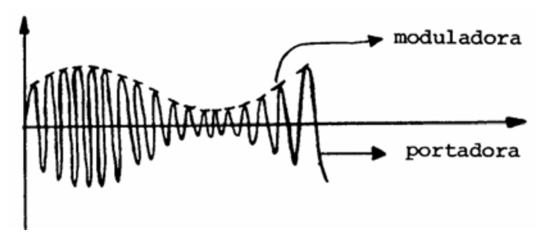
La misión de la etapa de **RF** es amplificar la señal de la emisora que estamos recibiendo y rechazar las otras emisoras.



Ilustr. 16 Respuesta en frecuencia

b) Demodulador

Su misión es separar la moduladora de la portadora. Por ejemplo, veamos como trabaja un demodulador de AM: La señal que llega al demodulador tiene la forma de la ilustración 17.

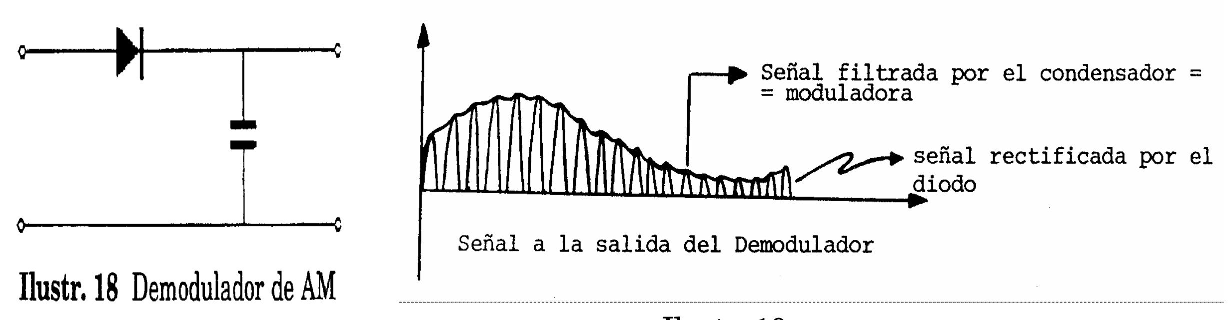


Ilustr. 17 Señal de entrada al demodulador

La frecuencia interior de alta frecuencia es la portadora, para poder transmitir la moduladora por el aire.

La envolvente es la moduladora. Lleva la información que deseamos recibir

El demodulador de AM más sencillo sería el de la **Ilustr.** 18. El diodo rectifica la señal y el condensador elimina las discontinuidades, o sea, las componentes de alta frecuencia (**Ilustr.** 18 y 19).



Ilustr. 18 Demodulador de AM

Ilustr. 19

El problema principal de este diseño está en que el nivel de señal de antena es del orden de μV y el necesario a la entrada del demodulador es de voltios. El amplificador de RF debe tener ganancias del orden de un millón. Además esta ganancia debe ser sintonizable dentro de un margen de frecuencias, según la emisora que deseemos captar.

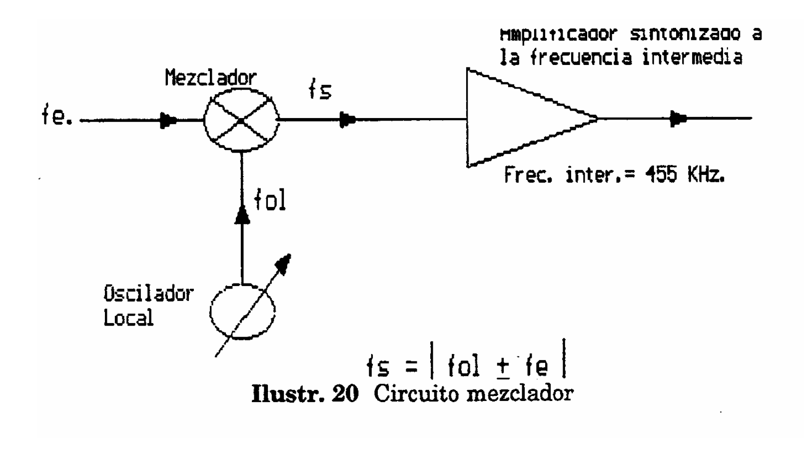
Se hace muy difícil conseguir estas características. La solución más generalmente adaptada para subsanar este problema es el circuito **superheterodino.**

2.2.1.- EL RECEPTOR SUPERHETERODINO

Lo que se hace en el circuito superheterodino es trasladar la señal recibida a una frecuencia fija y más baja (en Onda.Media. suele ser de 455 KHz). Es la llamada frecuencia intermedia (F.I.).

El dispositivo básico que realiza esta función es el **mezclador**, junto con un filtro **paso-banda fijo** en los 455 KHz. (**Ilustr.** 20).

El **mezclador** tiene dos entradas y una salida. A una de las entradas se le conecta la señal de antena y a la otra entrada se conecta la salida de un oscilador interior del receptor, llamado oscilador local (O.L.).



Ilustr. 20 Circuito mezclador

Si queremos sintonizar una emisora cuya f_p es, por ejemplo, 700 KHz, hacemos que el O.L. oscile a una frecuencia $f_{OL} = f_p + f_{FI}$. En este ejemplo:

$$f_{OL} = 700 + 455 = 1155\ KHz$$

En la salida del mezclador tendremos:

$$f_S = \left| f_{OL} \pm f_e \right| = 1155 \pm 700 = \begin{cases} 1855\ KHz \\ 455\ KHz \end{cases} \quad 1$$

Como el filtro es de 455 KHz, a su salida tendremos sólo la frecuencia diferencia: **Vemos que para sintonizar cualquier emisora nos basta con poner el OL a 455 KHz por encima de la portadora.**

2.2.2.- FRECUENCIA IMAGEN

Supongamos que sintonizamos el receptor para recibir una emisora que emite en 4000 KHz. Como el **filtro de sintonía de entrada** puede ser bastante amplio **(Ilustr. 21)** no sólo podemos captar la emisora que emita a 4000 KHz sino otra que emitiera a 4910. En los dos casos tendremos a la salida del mezclador los 455 KHz que pasarían a través del amplificador de FI.

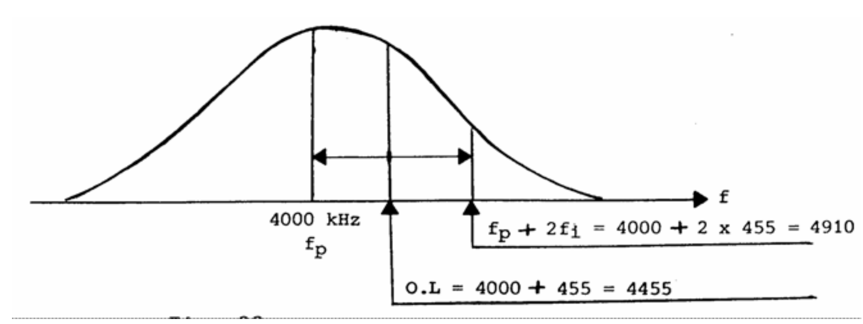
En ambos casos la f_{OL} estará a: $f_{OL} = 4000 + 455 = 4455\ KHz.$ (2)

En efecto: $f_s = \left| f_{OL} - F_p \right|$ (3)

Sustituyendo en ambos casos tenemos

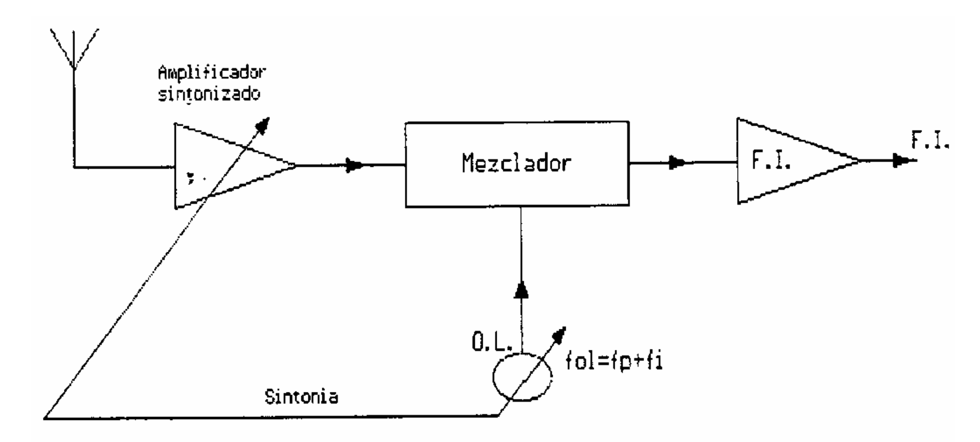
$$1" \quad \left| 4455 - 4000 \right| = 455\ KHz.$$

$$2" \quad \left| 4455 - 4910 \right| = 455\ KHz.$$



Ilustr. 1 Frecuencia imagen.

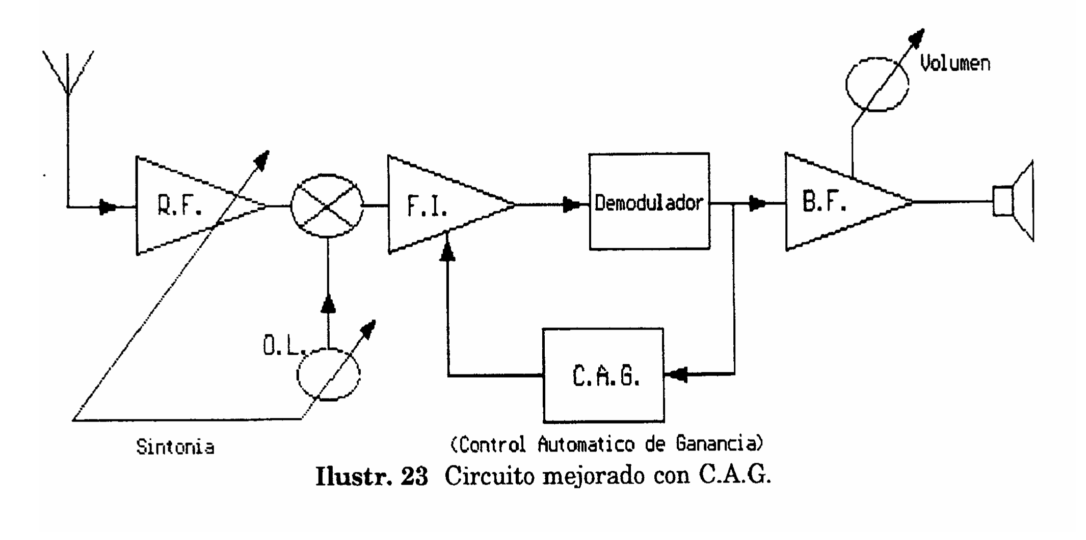
Para aminorar el efecto se coloca a la entrada una etapa amplificadora sintonizada (Ilustr. 22). Cuanto más selectivo es el filtro de RF mejor se rechaza la frecuencia imagen.



Ilustr. 22 Inclusión de un amplificador sintonizado.

El amplificador de FI es el que se encarga de dar el nivel necesario a la señal para atacar la entrada del demodulador. A la salida de éste tendríamos ya la señal audible y sólo haría falta amplificarla para que pueda atacar al altavoz.

Debido a que la intensidad de la **señal varía con la distancia** y otros factores atmosféricos, nos encontraríamos con que el nivel de sonido variaría constantemente . Para evitarlo se introduce una realimentación entre la salida del demodulador y el amplificador de FI. (Ilustr.23)



Ilustr. 23 Circuito mejorado con C.A.G.

Esta realimentación controla la ganancia del amplificador de FI, haciendo que cuanta más señal llegue a la antena menos ganancia tenga la etapa de FI, estabilizando de esta forma el volumen de salida del receptor. A esta realimentación se le conoce con el nombre de **control automático de ganancia** (C.A.G.).

2.2.3.- DIFERENCIAS ENTRE RECEPTORES DE AM Y FM

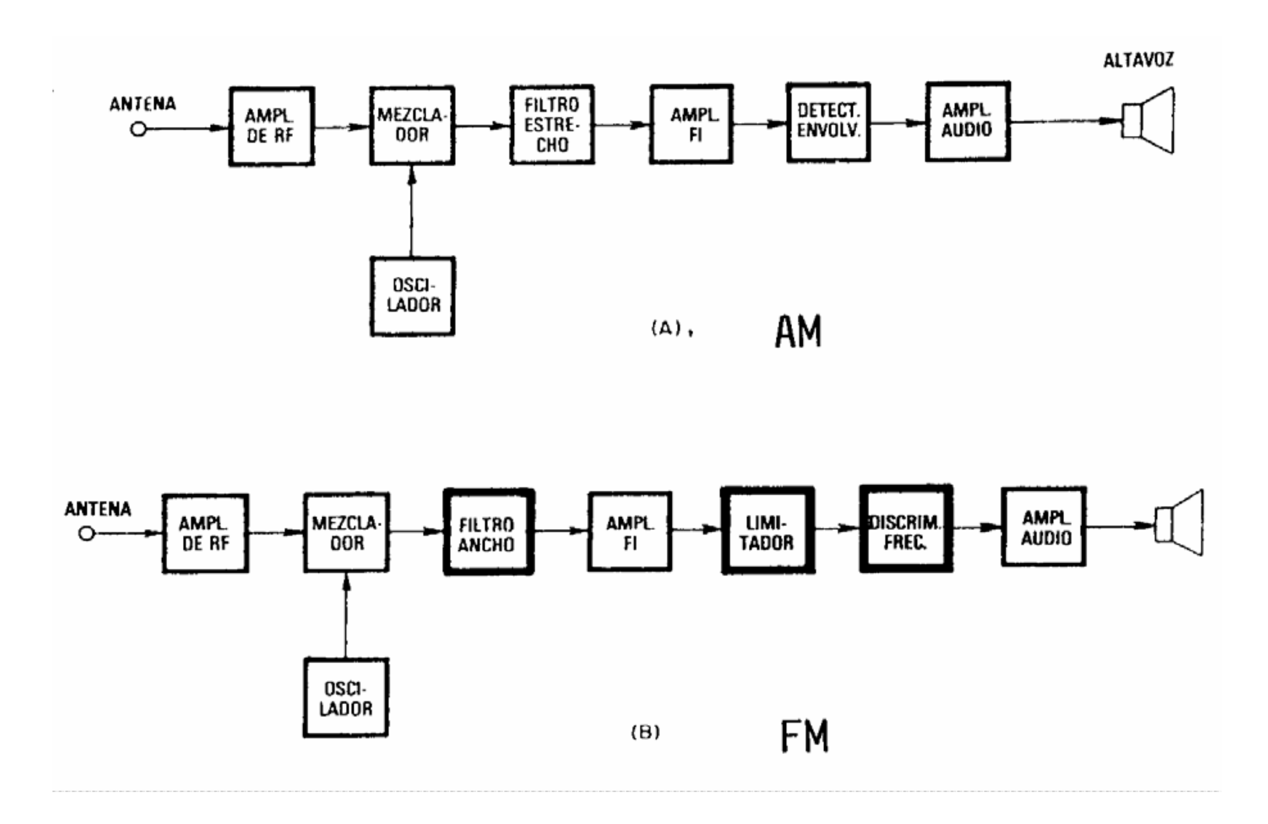
En la Ilustr. 24 vemos los diagramas de bloques de receptores de AM BLU y de FM. En la comparación de los diagramas de bloques se aprecian las siguientes diferencias :

1.- Que en AM se utiliza un filtro estrecho y en FM uno ancho
2.- Que en FM hay una etapa más (El limitador).
3.- Que el detector es distinto. En AM es un detector de envolvente y en FM un discriminador.

Las demás funciones y circuitos son similares:

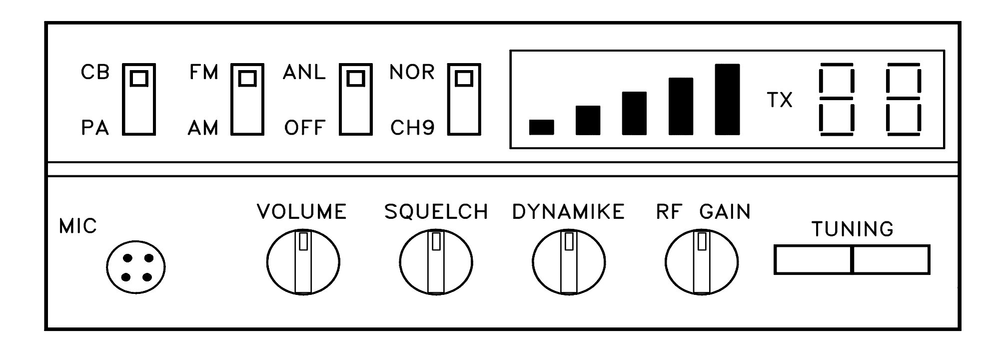
Amplificador de RF,
Mezclador y Oscilador local
Amplificador de frecuencia intermedia .
Etapa de audio.

NOTA: *En los esquemas se ha omitido el CAG.*



Ilustr. 24 Diferencias entre receptores de AM y FM.

3.- DESCRIPCIÓN DEL TRANSCEPTOR INTEK



Ilustr. 22 Panel frontal del transceptor INTEK.

Uno de los equipos sobre el que realizaremos las medidas, es un transceptor del tipo CB-27 marca INTEK. Las características más significativas son las siguientes:

- Potencia de RF máxima 4 W, aunque en realidad está ajustado para entregar aproximadamente **un vatio** (según frecuencia).

- Posibilidad de seleccionar entre 40 canales. Cada canal tiene asignada una frecuencia. La tabla de asignaciones de frecuencia está pegada sobre el equipo.

- La separación entre canales es de **10 KHz**.

La descripción del panel frontal es la siguiente:

VOLUMEN (Volumen). Ajusta la ganancia del amplificador de audio.

SQUELCH (Silenciador). Permite regular el umbral de la señal de recepción. Se utiliza para **eliminar el ruido de fondo** mientras no recibimos una señal suficientemente alta. *Para la realización de la práctica se ajustará totalmente a la izquierda.*

DYNAMIKE (Ganancia de micrófono). Controla la ganancia de la señal aplicada a la entrada de micrófono. Para el estudio del TX se puede ajustar entre el valor medio y el máximo sin problemas. **Cuanto mayor sea la ganancia, menor nivel de señal moduladora será necesaria para poder ajustar la desviación de frecuencia que deseemos**. Para RX es indiferente la posición en que esté.

RF GAIN (Ganancia de RF). Controla la ganancia de la señal que recibimos. Lo ajustaremos al máximo para obtener la máxima sensibilidad.

CB-PA	CB: Posición normal. PA: (Public Adress). El equipo funciona como amplificador de la señal de audio que entra por el conector de micrófono. Para la realización de la práctica estará siempre en CB.
ANL-OFF	En posición ANL queda activado el filtro de audio. Mejora la relación S/N de la señal de audio. Se colocará en ANL
TUNING	Se utiliza para seleccionar el canal deseado de TX/RX.
MIC	Conector para micrófono, es decir para entrada de la señal moduladora. Se ha sustituído por audio in para utilizar un BNC
ANT	Conector para la antena (Señal de RF).
AU	Audio. Conector de salida de audio. En el caso general conectaríamos un altavoz. Para la práctica se conectará a la entrada de AF del Analizador. La impedancia de salida de este conector es de 8Ω.

4.- DESCRIPCION DEL TRANSCEPTOR KENWOOD

4.1.- ESPECIFICACIONES DEL KENWOOD TK-801S

GENERAL

Rango de frecuencias:	450-512 MHz			
Número de canales:	6			
Canalización:	25 KHz			
Alimentación:	13.8 V DC			
Frecuencias TX y RX:	Canal 1: -------		Canal 4:	462 MHz
	Canal 2: 454 MHz		Canal 5:	-------
	Canal 3: 458 MHz		Canal 6:	-------

RECEPTOR

Impedancia de entrada:	50 Ohmios
Sensibilidad:	< 6 dBμV aprox.
Selectividad:	> 80 dB
Intermodulación:	> 75 dB
Potencia de audio:	4 Watts sobre 8 Ohmios

TRANSMISOR

Potencia de RF:	5 Watts aprox.
Impedancia de salida:	50 Ohmios
Ruido FM:	- 45 dB
Desviación de frecuencia:	< 5 KHz
Armónicos:	- 70 dBc

4.2.- ESPECIFICACIONES DEL KENWOOD TK-701S

GENERAL

Rango de frecuencias:	150-174 MHz			
Número de canales:	6			
Canalización:	12,5 KHz			
Alimentación:	13.8 V DC			
Frecuencias TX y RX:[1]	Canal 1: -------		Canal 4:	156 MHz
	Canal 2:	152 MHz	Canal 5:	-------
	Canal 3:	154 MHz	Canal 6:	-------

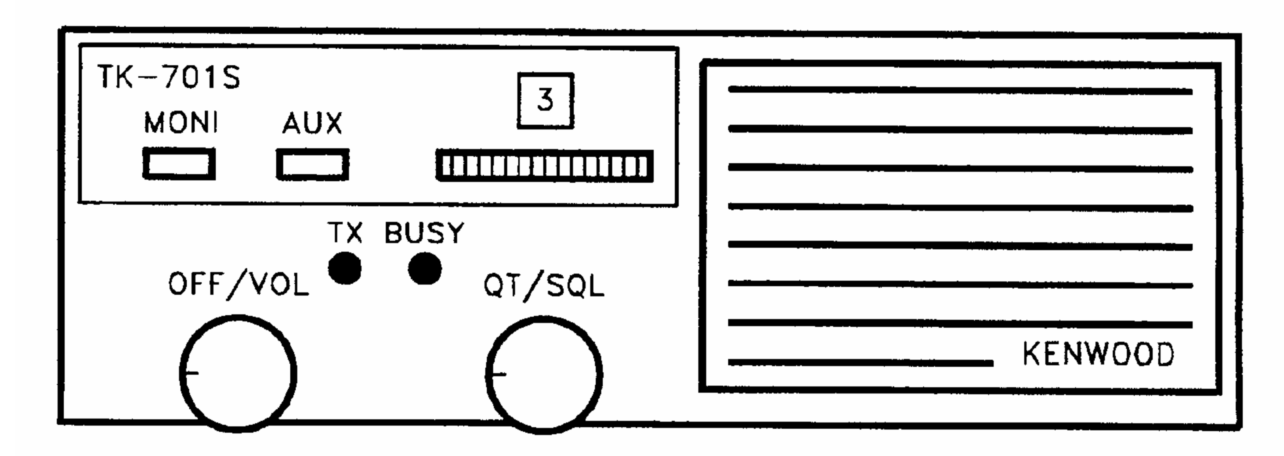
RECEPTOR

Impedancia de entrada:	50 Ohmios
Sensibilidad:	< 6 dBμV aprox.
Selectividad:	> 80 dB
Intermodulación:	> 75 dB
Potencia de audio:	4 Watts sobre 8 Ohmios

TRANSMISOR

Potencia de RF:	5 Watts aprox.
Impedancia de salida:	50 Ohmios
Ruido FM:	- 45 dB
Desviación de frecuencia:	< 5 KHz
Armónicos:	- 70 dBc

4.3 MANUAL DE USUARIO



Ilustr. 26 Panel frontal del transceptor KENWOOD

NOTA: El canal 1 y el canal 6 sólo funcionan para transmisión.

El funcionamiento es igual para los dos modelos.

En la parte frontal del aparato distinguimos los siguientes mandos:

OFF/
VOL: Pone en marcha el aparato y regula el volumen de audio en recepción. Un volumen demasiado alto da lugar a distorsión en la señal recibida. Para casi todas las pruebas de recepción se colocará a **3/4 partes del final**.

QT/SQL: En la posición **QT** (cursor totalmente a la izquierda) y en el caso de tener una unidad de subtonos , el receptor analiza unos tonos de baja frecuencia emitidos antes del mensaje y, si se corresponden con los que nuestro equipo espera recibir, desactiva el silenciador. De esta forma podemos escuchar sólo aquellos mensajes que van dirigidos a nosotros. Esta función no está disponible en este equipo.

En la posición **SQL** tenemos un potenciómetro que sirven para regular el **SQUELCH** o silenciador, es decir, fijar un nivel de referencia de la señal de audio, superada la cual, dicha señal pasa a la salida (altavoz). Esto nos evita tener que escuchar durante todo el tiempo el ruido de fondo, y que oigamos únicamente los mensajes.

MONI: En la posición **ON** (apretado), desactiva el silenciador independientemente de la posición de SQL. En **OFF**, el silenciador entra en acción, según el nivel fijado con **SQL**.

AUX: Función no disponible en este equipo.

SELEC.
CANAL: Selecciona cual de los 6 canales queremos utilizar tanto para transmisión como para recepción. Recuerda que los canales disponibles son el **2, 3 y 4.**

TX,
BUSY: El led **TX** se enciende cuando el aparato transmite , mientras que el led **BUSY** lo hace cuando se abre el silenciador.

PTT
ON/OFF: Cuando cortocircuitamos los dos terminales de **PTT** (Push To Talk), el equipo transmite. Se halla en el panel frontal de la caja.

MIC: Entrada de la señal de micrófono que irá al modulador y será transmitida. En la caja es el **AUDIO IN.**

ALT: Señal de altavoz correspondiente a la señal de audio ya demodulada. En la caja es el **AUDIO OUT**.

NOTA: El encendido está en la parte posterior derecha de la caja.

El PTT, el AUDIO IN y el AUDIO OUT son comunes para los dos modelos. Un conmutador nos permite seleccionar el 701 o el 801.

5.- ANALIZADOR DE TRANSCEPTORES HP 8920A

5.1.- GENERALIDADES

El equipo que vamos a utilizar como analizador está compuesto de:

- **Un generador de RF** sintetizado (De 250 KHz a 1 GHz, con una resolución de 1 Hz. Nivel de salida de -137 dBm a 19 dBm sobre 50 Ω).

- **Un generador de tracking** sintetizado (De 250 KHz a 1 GHz).

- **Dos generadores de audio frecuencia** (AF), (De DC a 25 KHz, con una distorsión inferior al 0,3 %).

- **Un osciloscopio** (hasta 50 KHz). Para visualizar las señales de audio.

- **Un analizador de espectros** (margen dinámico en pantalla de 80 dB).

- **Un polímetro.**

- **Un analizador de modulación**.

Con estos componentes y con la ayuda de los detectores, filtros, sumadores y mezcladores podremos realizar el estudio de transmisores (**TX**) y receptores (**RX**)..

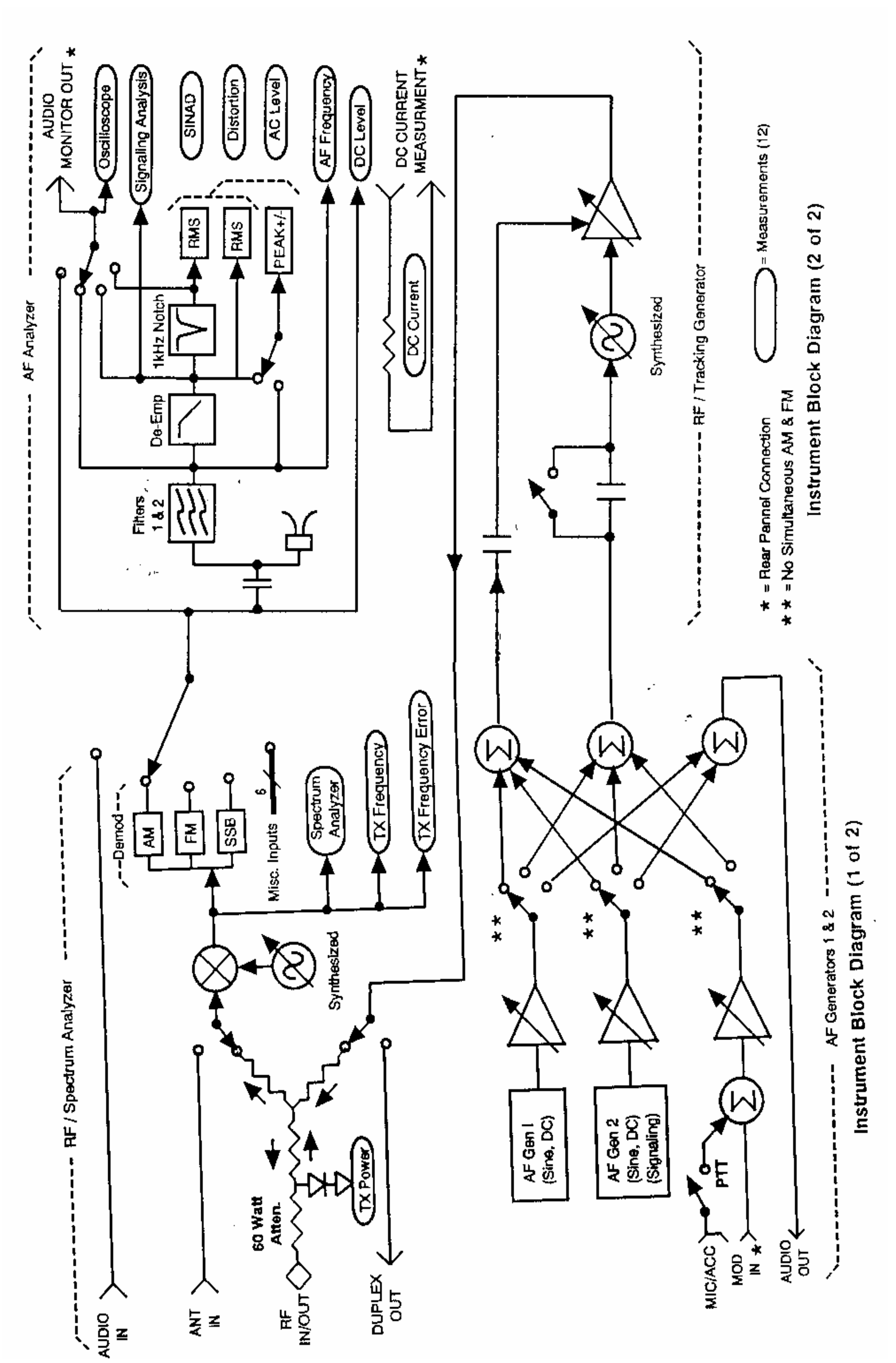
En la **Ilustr. 27** presentamos un esquema en bloques muy general. Más adelante veremos esquemas más detallados de cada parte.

Las medidas que realizaremos en el TX son las siguientes:

1 - Frecuencia de emisión (portadora sin modular).
2 - Error de frecuencia (diferencia entre la que emite y la que debiera emitir).
3 - Potencia de portadora sin modular (W o dBm).
4 - Desviación de frecuencia en FM (KHz), o profundidad de modulación en AM (%).
5 - Potencia en el canal adyacente (dBc o W).
6 - Emisiones no esenciales.
7 - Respuesta en audio del TX.

En el RX las medidas a realizar son:

1 - Sensibilidad máxima utilizable.
2 - Respuesta en amplitud del limitador (eficacia del CAG).
3 - Distorsión y SINAD.



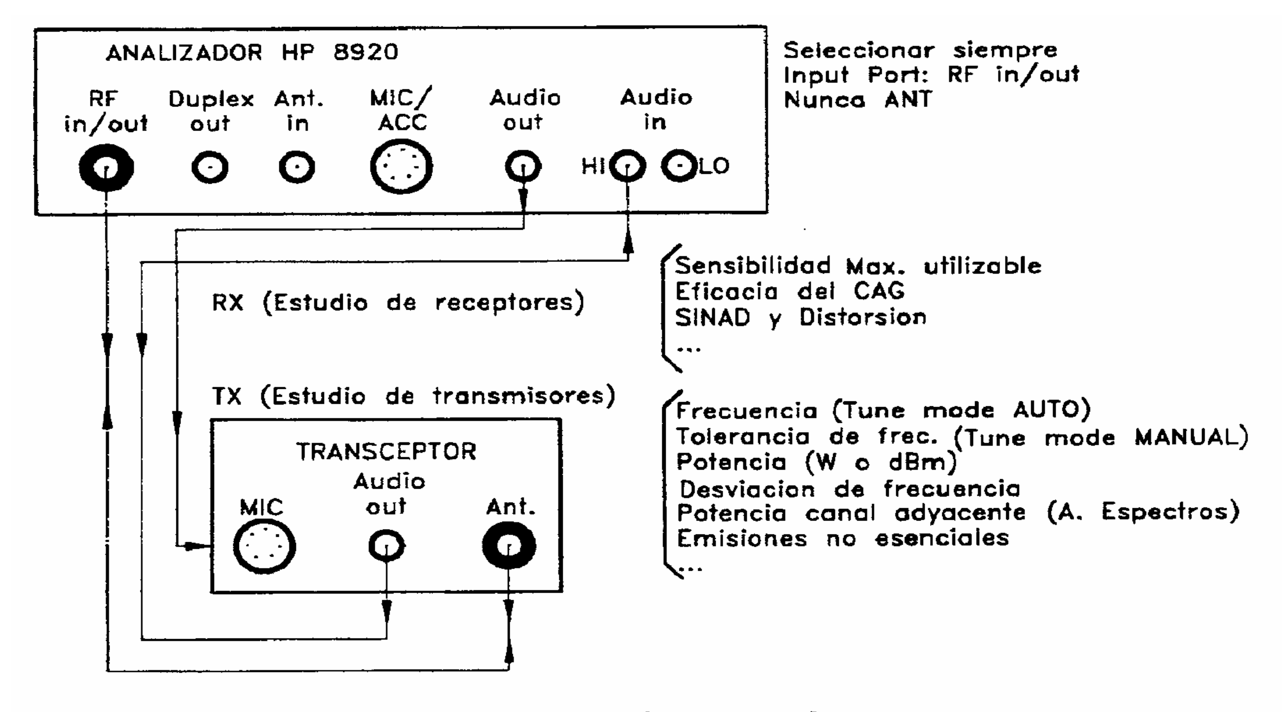
lustr. 27 Diagrama en bloques simplificado

5.2.- ESQUEMA DE CONEXIONES

Para analizar un **TX** necesitaremos conectar su señal de **RF**, que sale del conector de antena, a la entrada **RF IN** del analizador.

La señal de **RF**, normalmente, está modulada por la voz ó, en el caso de radiodifusión comercial, por espacios musicales. Para poder realizar un estudio del comportamiento del **TX** es necesario utilizar como moduladora una señal de la cual conozcamos sus características y la podamos medir con precisión, es decir: señales sinusoidales a las frecuencias de interés. Para ello el analizador incorpora dos generadores de audiofrecuencia.

Las conexiones están indicadas en la **Ilustr. 28** Independientemente de la medida que se realice dejar las tres conexiones permanentemente conectadas . Observa las flechas. La señal de **RF** puede ir en un sentido u otro, según se estudie el **RX ó el TX.**

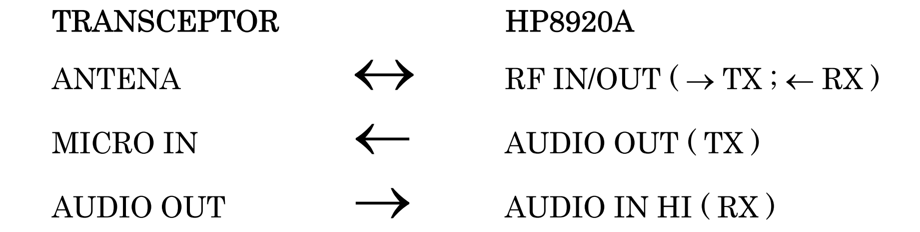


Ilustr. 28 Conexionado

Si analizamos un **RX**, el analizador actúa como un **TX**, entregando una señal de **RF modulada**. Por tanto conectaremos la salida **RF OUT** del analizador a la entrada del **RX** (es la misma conexión anterior sólo que la señal va en sentido contrario).

La señal de RF modulada llega al RX, éste la demodula y entrega la señal de audio al analizador para ser analizada. Para ello conectamos la salida AUDIO del transceptor a la entrada AUDIO IN del analizador. **Ilustr 28** .

Resumiendo:



TRANSCEPTOR		HP8920A
ANTENA	↔	RF IN/OUT (→ TX ; ← RX)
MICRO IN	←	AUDIO OUT (TX)
AUDIO OUT	→	AUDIO IN HI (RX)

El **analizador** tiene también los siguientes conectores:

DUPLEX OUT: Para estudio de **repetidores**, esto es, equipos que reciben a una determinada frecuencia y simultáneamente retransmiten lo mismo a otra frecuencia distinta.

ANT. IN.: Es una entrada muy sensible. Sólo admite potencias inferiores a 200mW. Se utiliza para señales muy pequeñas, normalmente cuando se toman directamente de una antena. **NO CONECTAR.**

MIC/ACC Entrada de micrófono.

MOD IN Entrada en la parte posterior que permite modular con una señal exterior.

5.3.- FUNCIONAMIENTO DEL HP 8920A

El HP 8920A está estructurado en un **sistema de menús**. Al ponerlo en marcha aparece el menú correspondiente al análisis de **RX** (Puede aparecer otra pantalla dependiendo de la configuración almacenada).

Cada menú es una ***pantalla*** que contiene recuadros con fondo verde que son los *campos*. Cada campo tiene encima el nombre, algunos de ellos tienen dos partes (superior e inferior).

La pantalla, normalmente, está dividida en **dos partes**: La superior, en la que aparecen las medidas y la inferior que contiene los campos para introducir las condiciones o requisitos de las medidas.

En la parte derecha están los nombres de los menús a los que podemos acceder. A los de uso más frecuente se puede acceder directamente pulsando una tecla (**RX** para estudio de receptores, **TX** para estudio de transmisores y **DUPLEX** para el estudio de repetidores).

En la pantalla aparece siempre un cursor (recuadro más iluminado) que mediante el mando principal "CURSOR CONTROL" podemos moverlo por todos los campos para poder cambiar las condiciones de medida. Para ello sólo es necesario girarlo hasta situarlo sobre el campo a modificar y pulsarlo.

Al pulsar el **mando rotatorio** pueden suceder tres cosas:

a) Que todo el campo se ilumine. En este momento podemos modificarlo, normalmente de tres maneras:

1.- Introduciendo un nuevo valor por el teclado (números y/o unidades).

2.- Mediante el “CURSOR CONTROL”, girándolo y luego pulsándolo para hacer un ENTER.

3.- Con las teclas situadas encima del “CURSOR CONTROL”. ⇑ para aumentar el valor y ⇓ para disminuirlo. Encima hay tres teclas más que nos permiten fijar los incrementos, dividirlos o multiplicarlos por 10.

b) Cuando en el campo hay dos opciones, la que está **subrayada** es la que está activa. Al pulsar el “CURSOR CONTROL” conmuta a la otra opción.

c) No nos permite hacer nada.

NOTA: *PRIORIDAD: Hay campos que se repiten en distintas pantallas, lo cual quiere decir que un campo lo podemos modificar desde distintas pantallas.*

*Las pantallas **de RX, TX y DUPLEX** tienen prioridad, esto significa que si realizamos una modificación de un campo en estos menús, ésta queda modificada para todas las demás pantallas que contengan el mismo campo, **a la inversa no.***

*Por ejemplo, si damos un valor de -50 dBm al campo “AMPLITUDE" en el menú de **RX**, en todos los demás menús que contengan dicho campo aparecerá este valor. Si en el menú “RF GENERATOR” modificamos el mismo campo, en el de **RX** no aparecerá modificado.*

6.- ESTUDIO DEL TRANSMISOR

Con lo expuesto anteriormente y con los conocimientos adquiridos en la práctica anterior de Analizadores de Espectros, aunque todavía no conocemos todas las posibilidades del “HP 8920A”, vamos a iniciar el estudio del TX.

A medida que vayan apareciendo nuevos conceptos o controles del instrumento, los iremos explicando.

6.1- MEDIDA DE: FRECUENCIA, ERROR DE FRECUENCIA, POTENCIA Y DESVIACIÓN DE FRECUENCIA.

1.- Haz las conexiones de acuerdo con la **Ilustr. 28.**

2.- Pulsa la tecla **TX** para que aparezca el menú correspondiente al estudio del **TX (Ilustr.30)**

3.- Pon el **PTT en ON** para iniciar la transmisión.

4.- Pon las condiciones de medida.
Para poner las condiciones de medida ten en cuenta los siguientes puntos:

- Observa que en la mitad superior de la pantalla aparecen cuatro campos de medida: **Frecuencia, potencia, desviación de frecuencia y frecuencia de la moduladora, con sus unidades correspondientes.**

- En la parte inferior hay los distintos campos para introducir las condiciones de medida.

- Para una mejor comprensión da un vistazo al esquema en bloques de la **Ilustr. 29.** Observa que la señal entra por **RF IN/OUT**, por tanto, debes darle paso poniendo el **INPUT PORT** en **RF IN** en el campo correspondiente

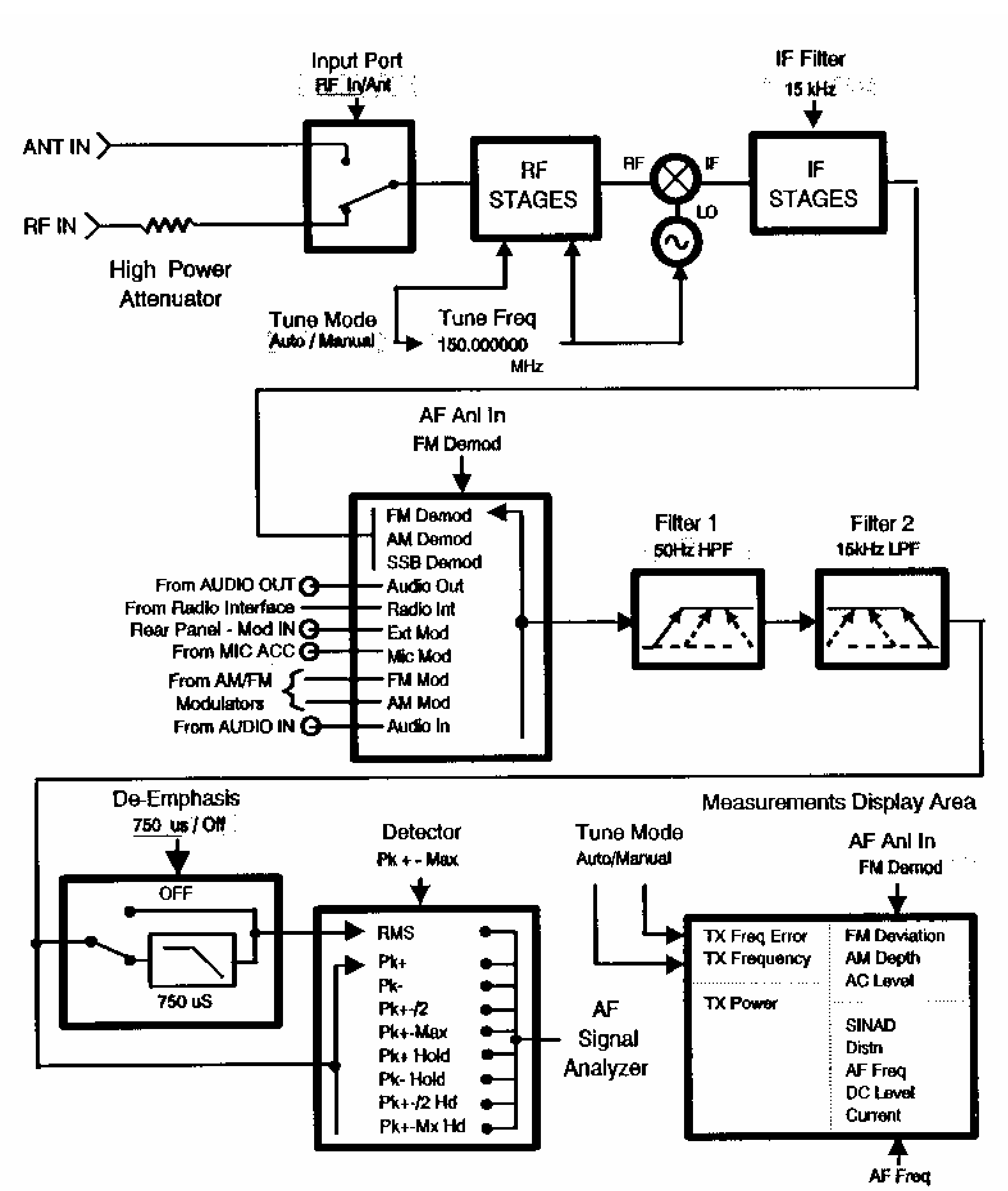
  A continuación ls señal entra en las etapas amplificadoras de **radio frecuencia**. Aquí hay dos campos más.

  Si el **TUNE MODE** lo pones en AUTO, el segundo, TUNE FREQ, automáticamente se sintoniza con la frecuencia del TX. En estas condiciones, en el campo de la frecuencia mide la frecuencia del TX.

  Si el **TUNE MODE** lo pones en MANUAL, tienes que introducir la frecuencia teórica del canal del TX en el campo TUNE FREQ. En este caso, en el campo de frecuencia, aparecerá el error de frecuencia, **(FREQ ERROR,)** esto es, la diferencia entre la frecuencia a la que emite y la que debería de emitir

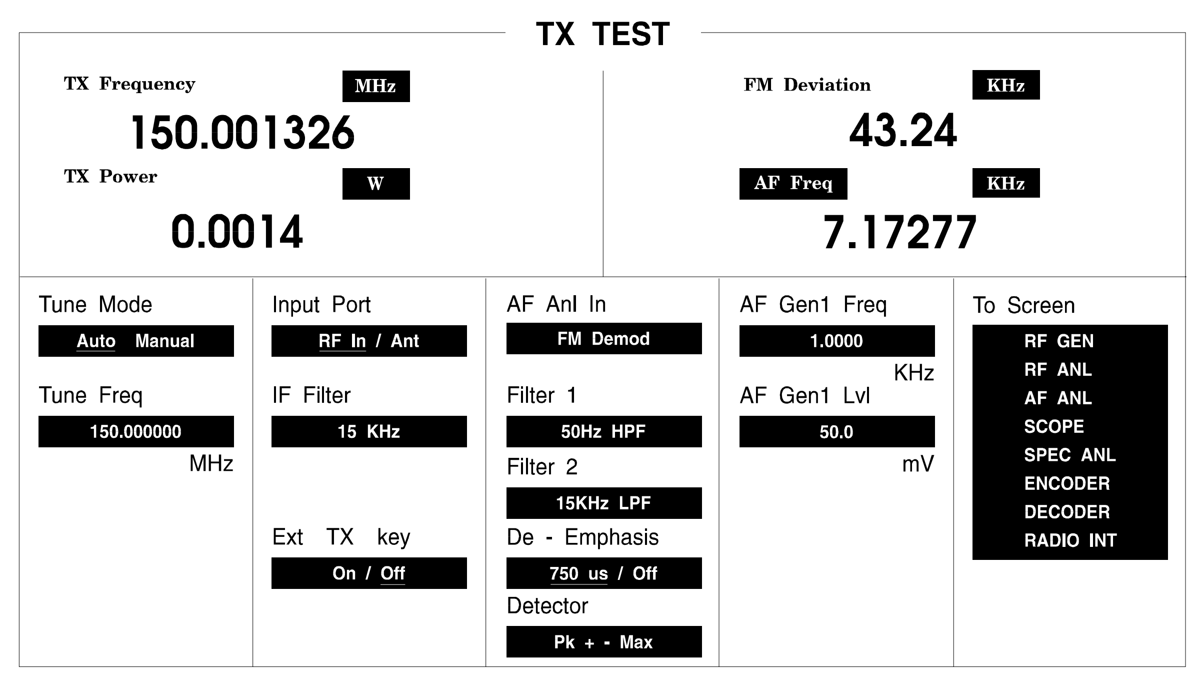
  Desviación máxima permitida en frecuencia:
  - Equipos **S.M.T** y separación de canales 25 KHz = **2KHz** y si son de 12,5KHz es de **1,5KHz**
  - Equipos **CB-27** es de **1,5KHz**

ESQUEMA DE CAMPOS Y FUNCIONES EN TX TEST



Ilustr. 29 Campos y funciones en TX TEST

TX TEST



Ilustr. 30 Pantalla TX TEST

La señal pasa a unirse con la procedente de un oscilador local para dar la frecuencia intermedia (FI). El filtro de FI puede ser de un ancho de banda de 15 o de 230 KHz, seleccionable en el campo **IF FILTER**. El filtro de 230 KHz se utiliza para equipos cuya banda base sea más de 15 KHz (radiodifusión). **Para comunicaciones se utilizará el de 15 KHz**

La señal continúa hacia el Analizador de audio, donde tendrás que seleccionar el demodulador, de acuerdo al tipo de señal que llega, en el campo "**AF ANL in**". De las distintas opciones que ofrece el campo, elige el demodulador adecuado de acuerdo con el tipo de modulación del **TX.**

En la siguiente fase se acondiciona la señal para luego hacer las mediciones y presentar los resultados en los campos de medida.(Parte superior)

Selecciona los filtros paso alto, pasa bajo o bien el filtro de ponderación sofométrica CCITT, según desees eliminar el ruido de baja frecuencia, alta frecuencia o aplicar una ponderación. (Algunas normativas de medida lo exigen).

En el campo "**FILTER 1**" se pueden elegir entre 4 filtros, normalmente elegiremos el pasa alto **de 300 Hz** para eliminar el ruido de red (50 Hz o 100 Hz). En el campo "**FILTER 2**" podemos elegir entre el filtro paso bajo (4 frecuencias posibles) o el CCITT. Normalmente utilizaremos el de **3 KHz**, ya que la banda base de este tipo de equipos es de **300 Hz a 3 KHz**. (Para recepción utilizaremos el CCITT).

A continuación podríamos colocar el filtro de **de-énfasis** (-6 dB/Octava en la banda de 300 Hz a 3 KHz), pero trabajando con una frecuencia fija de moduladora no tiene

sentido, por tanto no lo activaremos.

Le sigue el **tipo de detector**. Normalmente utilizaremos el **P+.** Podemos seleccionar otros y ver las diferencias.

Otros **campos importantes** son el "**AF GEN 1 FREQ**" y "**AF GEN 1 LVL**" que determinan la frecuencia y el nivel de la señal moduladora respectivamente. La frecuencia será de **1 KHz** para casi todas las medidas. El nivel, para la mayoría de las pruebas, será el necesario para producir una desviación de frecuencia de **1,5 KHz** para emisores cuya separación entre canales sea de 12,5 ó 10 KHz, y de **3 KHz** para separación entre canales de 25 KHz.. Esta señal es la que llamaremos ***señal normal de ensayo***.

Nos quedan dos campos por analizar de esta pantalla:

El "**TX PWR ZERO**", nos permite ajustar el medidor de potencia a cero. Para ello desconectamos el TX (desactivando el PTT), y una vez seleccionado el campo pulsaremos el "CURSOR CONTROL".

El "**EXT TX KEY**", controla un interruptor exterior en la entrada MIC/ACC. Permite gobernar el PTT (conmutador TX/RX) del equipo bajo prueba. Normalmente estará en **OFF**.

MEDIDAS: Ya estamos en condiciones de hacer medidas. Además de las cuatro medidas que aparecen directamente en pantalla, puedes hacer otras. Para ello coloca el cursor en el campo "**AF FREQ**", y pulsando "CURSOR CONTROL" aparecen a la derecha el conjunto de medidas que puedes hacer de la señal que sale del detector: **SINAD, distorsión, frecuencia, nivel de DC y corriente**.

PROMEDIOS: Puedes observar que algunas medidas **no son muy estables**, para remediarlo puedes promediar varias medidas consecutivas. El aparato, por defecto, promedia 10 medidas.

Para aumentar el número de medidas a promediar en cualquier campo, basta colocar el cursor en el campo de **unidades correspondiente** y pulsar las teclas **SHIFT y AVG**, aparecerá el número actual, que podrás cambiar por el número de promedios que desees e introducirlo pulsando "CURSOR CONTROL". Aparecerá debajo el indicativo **AVG** para anunciar que estamos promediando.

UTILIZACIÓN DEL MEDIDOR ANALÓGICO: Se puede utilizar en cada campo de medida. Consiste en una línea o escala dividida en partes. Se le pueden definir los valores **inicial y final** así como el número de **divisiones** que creas más adecuado. Además siempre aparece, debajo de la línea, el valor numérico instantáneo.

Para que **aparezca** el medidor analógico se procede como sigue:

1.- Coloca el cursor en las **unidades** del campo elegido.

2.- Pulsa las teclas: SHIFT, METER y el "CURSOR CONTROL".

3.- Vuelve a pulsar SHIFT METER. En la parte inferior derecha de la pantalla aparece un menú con las opciones: **ON/OFF; LO END; HI END** y **INTERVALS.** La primera permite activar o no el medidor analógico. La segunda y tercera

fijar los valores mínimo y máximo de la escala. La última poner el número de divisiones de la escala.

6.2- EL OSCILOSCOPIO Y EL ANALIZADOR DE ESPECTROS

Como complementos a las medidas se pueden visualizar las señales de AF en el osciloscopio y las de RF en al analizador de espectros.

a) El osciloscopio:

Si observas el esquema general **Ilustr.27**, verás que se puede conectar a cuatro puntos diferentes:

1.- Antes de los filtros pasa alto/pasa bajo.
2.- Después de los filtros pasa alto/pasa bajo.
3.- Después del filtro de de-énfasis.
4.- Después del filtro rechaza banda.

Para **elegir el punto en que quieres ver** la señal en el osciloscopio vete a la pantalla "**AF ANL**" de las que aparecen a la derecha y situate en el campo **SCOPE TO**. Al pulsarlo aparecen las cuatro posibilidades mencionadas. Si las vas seleccionando podrás ver el efecto que producen los diferentes acondicionadores de la señal. Para este tipo de cambios es muy útil la tecla **PREV.**

Colocando el cursor en el campo **CONTROLS**, del menú del osciloscopio y pulsando el "CURSOR CONTROL" nos aparecen tres posibilidades: MAIN, TRIGGER y MARKER. En cada una tenemos varios campos que permiten:

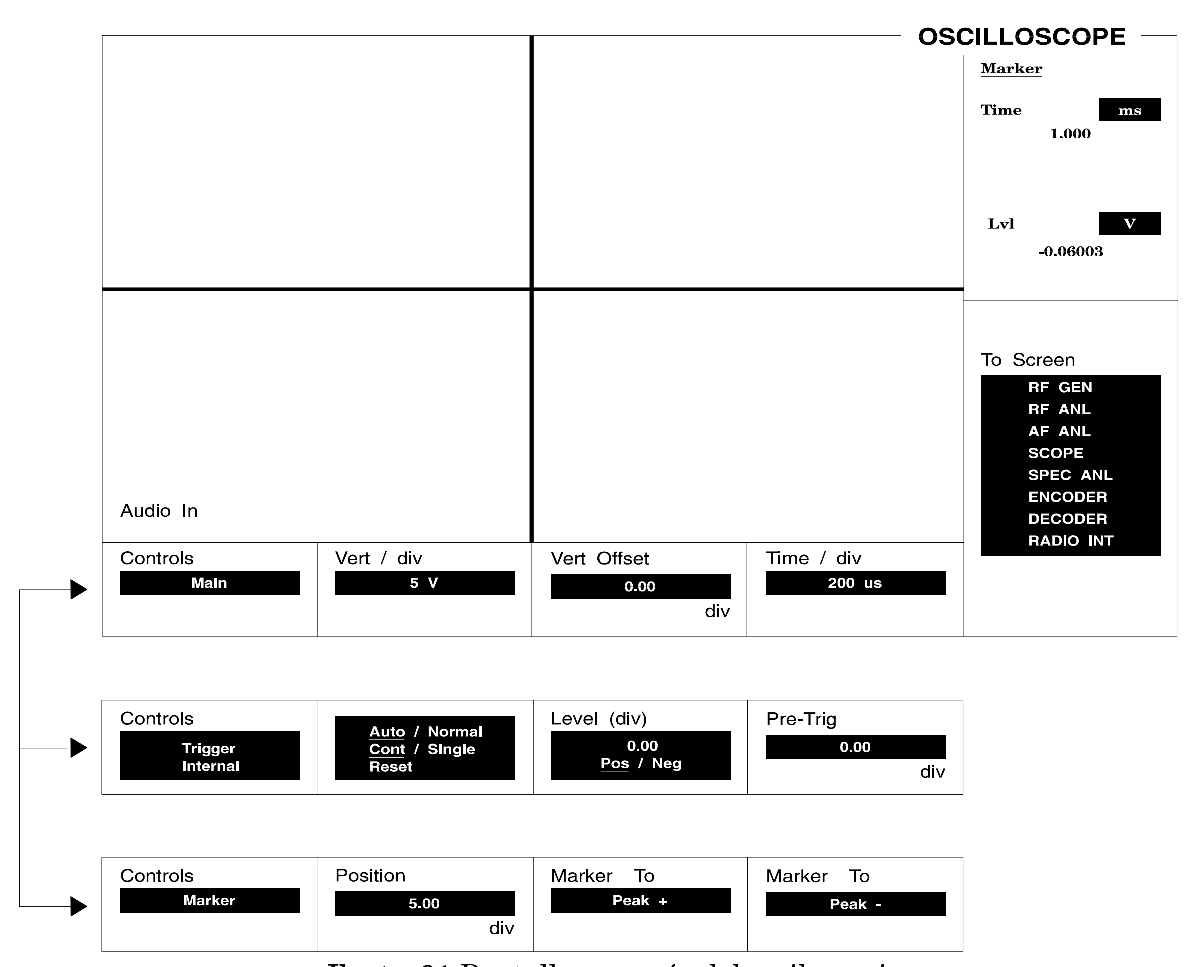
En **MAIN** elegir la ganancia vertical, la base de tiempos y un offset. En **TRIGG** se selecciona el **disparo**: automático, normal, continuo, único, interior o exterior, el **nivel de disparo** y **el flanco**, e incluso un pre-disparo.

Nota: En el vertical *las unidades vienen dadas en KHz en lugar de voltios, porque indican las amplitudes de la moduladora que producen dicha desviación de frecuencia. El punto de trigger viene indicado por la intersección de dos flechas verticales y otras dos horizontales.*

Seleccionando **SINGLE** y luego **RESET**, en el momento que se pulsa el "CURSOR CONTROL" se hace una adquisición que quedará memorizada en pantalla para poder analizarla.

En el campo **MARKER** sirve para situar el marker en una posición relativa respecto al margen izquierdo, llevarlo al valor máximo o al mínimo. En la parte derecha superior se ve la posición del marker en tiempo, respecto al disparo y el nivel.

OSCILLOSCOPE



Ilustr. 31 Pantalla y menús del osciloscopio

b) El analizador de espectros:

Permitirá visualizar la señal de RF. Mirando el esquema general (Ilustr.27) vemos que el analizador de espectros está conectado a la salida del mezclador. En realidad en este Analizador, el mezclador forma parte del analizador de espectros.

Los menús son muy similares a los del osciloscopio. Directamente podemos ver la frecuencia central y el nivel máximo de potencia en dBm. Suprimiendo la modulación (Gen.1=0) podemos medir la portadora sin modular.

Situando el cursor en el campo "CONTROL" y pulsando el "CURSOR CONTROL" aparecen cuatro opciones: MAIN, RF GENERATOR, MARKER y AUXILIAR.

En MAIN podemos poner la frecuencia central, el nivel de referencia y el span.

En MARKER podemos elegir: el pico máximo, el siguiente pico, la frecuencia central, tomar el valor del marker como referencia y posición. Esta última es muy útil porque nos permite mover el marker manualmente Si además utilizamos el STEP

multiplicado ó dividido por 10, puede ser rápido y preciso.

En **AUXILIAR**, podemos seleccionar de forma manual el atenuador, dejarlo fijo con HOLD y trabajar con la memoria.

6.3.- ESTUDIO DE LAS EMISIONES NO ESENCIALES

En este momento ya estamos en condiciones de medir las **emisiones no esenciales,** es decir, **todas aquellas radiaciones** fuera del canal de emisión (todas excepto la portadora y las bandas laterales). Las más importantes suelen ser los armónicos de la fundamental, pero puede haber otras (el oscilador local, subarmónicos...).

Nota: *Antes de realizar la medida es necesario comprobar que no estemos sobrepasando el margen dinámico del analizador de espectros, con lo cual la medida se vería afectada por alinealidades del propio analizador.*

Un procedimiento práctico para comprobar este punto, es realizar una medida de amplitud en una de las líneas espectrales, a continuación aumentar la atenuación de entrada del analizador y repetir la misma medición.
Si las dos medidas son distintas quiere decir que hay alinealidad y por tanto la medida sería incorrecta. En caso de que los dos resultados sean iguales, la medida sería correcta.

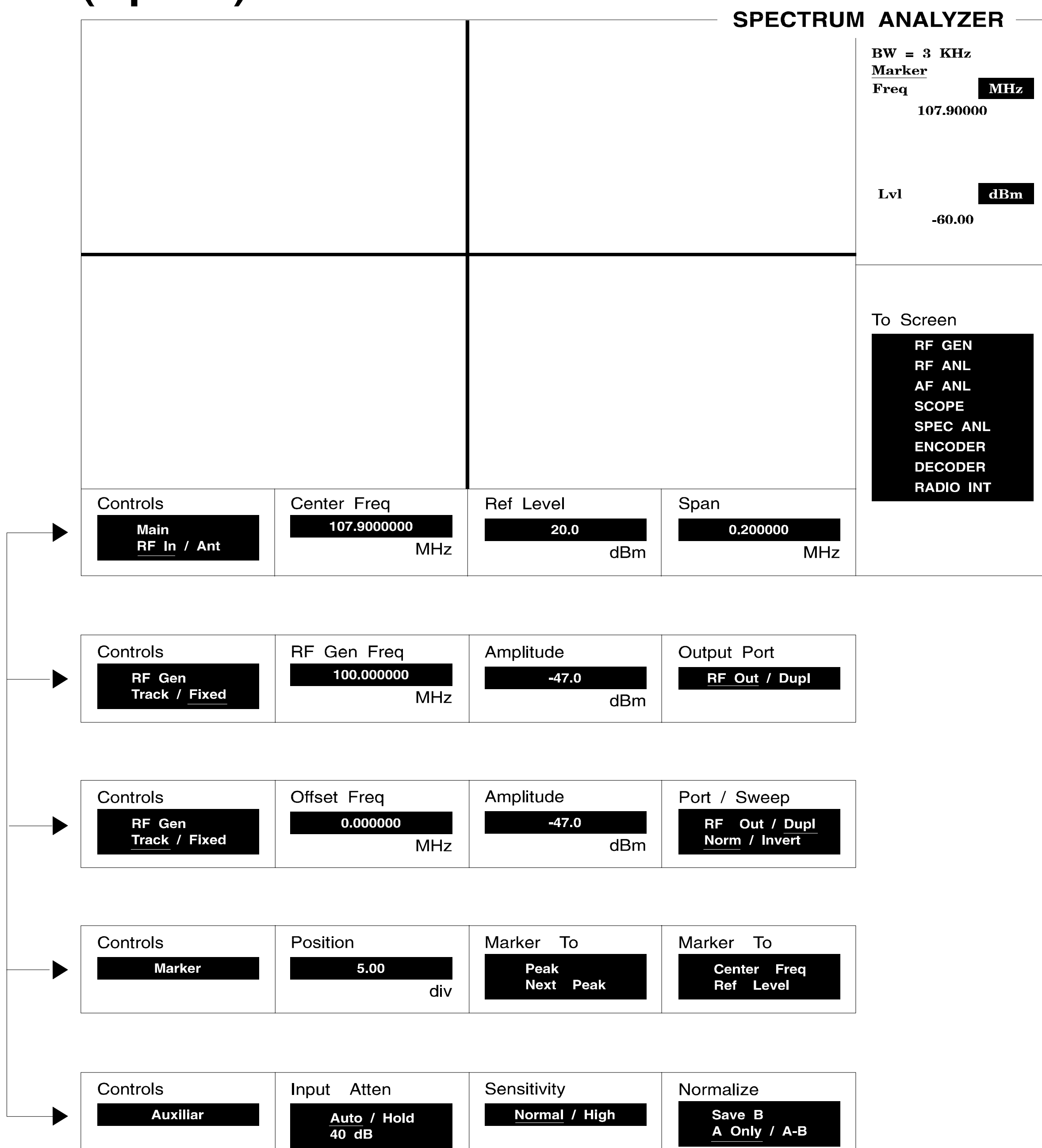
Las alinealidades, en un analizador de espectros, suelen tener dos causas principales:

a) *Que estemos sobrepasando el margen dinámico, esto es, que la señal de entrada contenga componentes de distintas frecuencias con amplitudes muy distintas.*

   Por ejemplo: una señal portadora a 100 MHz con una amplitud de 5 dBm y su armónico, que estará a 200 MHz, con una amplitud de -85 dBm. La diferencia entre ambas amplitudes es de 90 dB, por tanto si el margen dinámico (que es una característica del analizador) es inferior a 90 dB, si queremos desatenuar la entrada para ver el armónico estaremos haciendo una medida errónea ,porque la señal principal saturará el mezclador.

b) *Otra causa de alinealidades es la saturación del mezclador, debido a señales de entrada demasiado grandes para el nivel de referencia que estemos usando. La forma de detectarlo es la descrita anteriormente, y para solucionarlo es necesario disminuir la señal de entrada o bien aumentar la atenuación.*

SPECTRUM ANALYZER (Option)



Ilustr. 32 Pantalla y menús del analizador de espectros

Como los niveles que vamos a medir serán mucho más pequeños que la propia portadora, nos podemos encontrar que sobrepasemos el margen dinámico del analizador de espectros (está alrededor de 70 dB), o bien, si la portadora es demasiado grande, que saturemos el mezclador.

La forma de solucionar el problema del margen dinámico, es atenuando la portadora con un filtro **elimina-banda** a la frecuencia de la portadora, con lo cual ésta quedará atenuada, disminuyendo la diferencia de niveles con los posibles armónicos o espurias, y por lo tanto no sobrepasaremos el margen dinámico y la medida será correcta.

También podríamos utilizas un filtro paso bajos que nos elimine la fundamental pero no los armónicos.

Se pueden medir dos señales que se diferencien en 70 dB. Para ello se requiere utilizar bien todos los recursos del analizador, como pueden ser, la atenuación fija con el **HOLD**, centrar el armónico a analizar y disminuir el ancho de banda para bajar el nivel de ruido.

Se medirá la frecuencia y la potencia de cada emisión no esencial que encuentres.:

PROCESO

1.- Se ha de **eliminar** la modulación.

2.- Sintoniza cada frecuencia, empezando por los armónicos.

3.- Comprueba si hay problemas de saturación o margen dinámico. Si los hay será necesario intercalar el filtro rechazo-banda, sintonizado a la frecuencia del canal, **entre la salida de antena del transceptor y la entrada del analizador.**

Límite de las potencias admitidas:

Para los **equipos CB-27** depende del margen de frecuencia de los armónicos. Así

a) Para armónicos **inferiores a 30 MHz** es de **25 nW**

b) Para armónicos **comprendidos** entre los siguientes valores en MHz: 47 a 68; 87,5 a118; 174 a 230; 470 a 862 es de **20nW**

b) Para el resto de **valores mayores** a 30MHz es de **0,25nW**

Para el **Servicio Móvil Terrestre** es de **2,5 nW** hasta 4GHz

En el menú de **RF GENERATOR**, hay la posibilidad de elegir el generador de **RF** principal FIXED, el generador de tracking (TRACK), que se utiliza para el estudio de filtros, cables, amplificadores. Etc.

NOTA: *El margen de barrido queda determinado por la frecuencia central y el span. Es necesario elegir el campo TRACK. Más adelante veremos las aplicaciones.*

En el campo **RF GEN** podemos elegir la **frecuencia, la amplitud y el puerto de salida.** Como se dijo anteriormente, (los valores dados aquí al generador no modifican los seleccionados en TX, puesto que éstos tienen prioridad.)

6.4.- POTENCIA EN EL CANAL ADYACENTE

El espectro de frecuencias disponible, está distribuido en una serie de **bandas** de frecuencias y en **canales.** Cada una de estas bandas y canales **está asignado** a unas funciones determinadas: televisión, radiodifusión comercial, radioaficionados, etc. Cada **canal tiene asignada una frecuencia** determinada y no es legal emitir fuera de estas frecuencias.

La **asignación de frecuencias** del espectro radioeléctrico es competencia exclusiva del **Ministerio de Obras Públicas y Transportes**.

Como cada **canal** ocupa un cierto **ancho de banda** en el espectro, debe existir una separación mínima entre canales, para evitar que se solapen y por tanto se produzcan interferencias. De la misma manera el **ancho de banda ocupado** por un canal debe estar limitado.

En la llamada **Banda Ciudadana**, (CB-27, dentro la banda de HF), la separación entre canales es de **10 KHz**.. Por tanto el ancho de banda ocupado por una emisión en un canal de la banda ciudadana ha de ser, como máximo, de 10 KHz. Para equipos del **Servicio Móvil Terrestre** en VHF y UHF, la separación entre canales es de **25 o 12,5 KHz**.

Una medida interesante es comprobar que realmente un equipo emisor no esté interfiriendo en los **canales adyacentes**. Para ello se medirá la potencia que llega a los canales adyacentes mediante el analizador de espectros.

El límite de potencia permitido en el canal adyacente es:

Para equipos del servicio Móvil Terrestre con separación de canales de **25 KHz es de –70dB.**

Para equipos del servicio Móvil Terrestre con separación de canales de **12,5 KHz es de –60dB.**

Para equipos de CB 27 es de **20µW en valor absoluto**

NOTA: Los dos primeros son respecto a la portadora.

Condiciones de medida:

Según la normativa vigente, las condiciones de medida son las siguientes:

- **Frecuencia** de la señal moduladora :1250 Hz.

- **Amplitud de la señal moduladora**: la suficiente para producir una **desviación de frecuencia de:**
  a) **1,5 KHz** para equipos CB-27 y equipos con 12,5 KHz de separación entre canales.
  c) **3 KHz** para equipos con una separación entre canales de 25 KHz.

- **Sobremodulación** de la señal para realizar la medida en condiciones extremas. Esto consiste en aumentar en un determinado número de dB el nivel de señal moduladora. Según el tipo de equipo se debe aumentar:

  a) En **10 dB** para equipos CB-27 (10 KHz de separación entre canales).
  b) En **20 dB** para equipos con una separación entre canales de 12,5 KHz o 25 KHz.

Nota: *Para hacer la anterior sobremodulación es más cómodo pasar de mV a dBµV. Para ello situarse en el campo “**AF GEN 1**” y pulsar la tecla dBµV.*

Procedimiento:

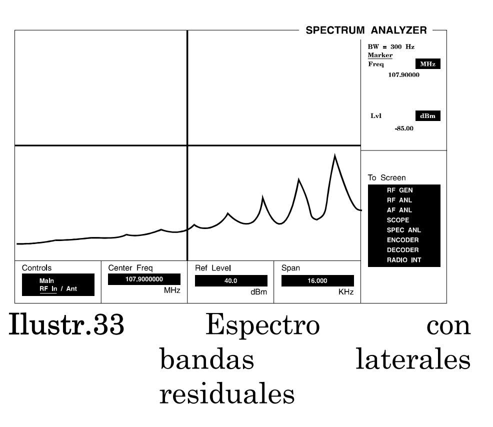
Una vez conectado el equipo a medir (igual que en el caso de las emisiones no esenciales) y ajustadas las condiciones de medida:

- Activar la pantalla del Analizador de Espectros y sintonizar la frecuencia del canal a medir.

- Ajustar el SPAN, de acuerdo con la separación entre canales:

  8,5 KHz para equipos con separación entre canales de 10 KHz o 12,5 KHz.
  16 KHz para equipos con separación entre canales de 25 KHz.

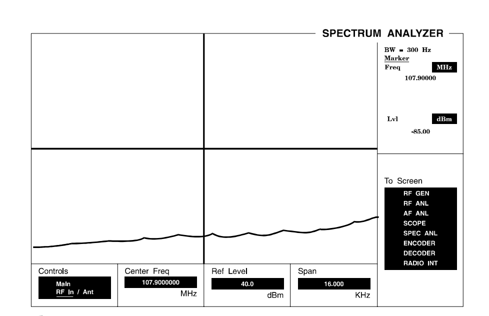
- Sintoniza el canal adyacente superior o inferior (Frecuencia del canal útil ± separación entre canales). En este momento lo que aparece en pantalla es la parte del espectro en el canal adyacente, que interesa medir.



Ilustr.33 Espectro con bandas laterales residuales

Te puedes encontrar con dos casos:

a) Que existan bandas laterales que lleguen al canal adyacente con un nivel suficiente que queden claramente por encima del nivel de ruido. En tal caso, despreciaremos la potencia del ruido. El resultado de la potencia en el canal adyacente se obtiene sumando los niveles de todas las líneas espectrales significativas (Ilustr.33). Hay que tener en cuenta que no se pueden sumar directamente las potencias en dBm. Es necesario expresar la potencia en vatios para sumar, y si se quiere expresar en dBm, realizar de nuevo la conversión.



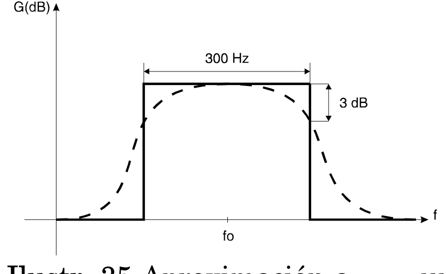
Ilustr.34 Espectro de ruido

b) Que sólo se aprecie un nivel de ruido sin bandas laterales apreciables (Ilustr. 34). En este caso será necesario integrar el nivel de ruido dentro la banda de interés. Para hacerlo procederemos como sigue:

- Mide el nivel de ruido en varios puntos y saca el promedio (Potencia media de ruido: P_{mr}).

- Este valor se normaliza para obtener la potencia por Hz (Densidad espectral de potencia). Para ello divide la P_{mr} por el ancho de banda del filtro de resolución (BW) que estás empleando en el analizador de espectros, (aparece en la parte superior derecha de la pantalla). El valor así obtenido es una buena aproximación de la densidad espectral del la potencia media (SPD_m).

Nota Es una *aproximación por dos motivos: primero porque hacemos simplemente un promedio de valor del ruido y segundo porque hemos supuesto que el filtro del analizador de espectros es ideal.*



Ilustr. 35 Aproximación a un filtro ideal

- Multiplicando la densidad espectral de potencia media por la banda a medir (8,5 ó 16 KHz) obtenemos la potencia en el canal adyacente.

El resultado de la medida se suele dar en vatios, ó en decibelios respecto a la portadora sin modular (dBc). Para calcular esto último, se mide el nivel de la portadora sin modular en **dBm** y se le resta del valor de la potencia en el canal adyacente , una vez pasada a dBm.

Ejemplo: si la potencia en el canal adyacente es de -20 dBm y la portadora sin modular es de 30 dBm, tendríamos: dBc= -20-(+30) = -50 dBc. Esto significa que la potencia en el canal adyacente está 50 dB por debajo de la portadora. Si las dos medidas las hacemos en vatios se pueden calcular los dBc mediante la fórmula siguiente:

$$PCA(dBc) = 10 \cdot \log\left(\frac{PCA(W)}{PSM(W)}\right)$$

Donde: PCA (dBc) Potencia del Canal Adyacente respecto a la portadora.
PCA Potencia del Canal Adyacente (en W).
PSM Potencia de la Portadora Sin Modular (en W).

6.5.- RESPUESTA DEL TRANSMISOR A LA AUDIOFRECUENCIA

Se trata de comprobar la **respuesta en frecuencia del modulador**. La banda de frecuencia de la señal moduladora debe estar comprendida entre 300 Hz y 3 KHz, por tanto el modulador ha de atenuar las frecuencias fuera de esta banda con una pendiente de 6 dB/oct. Si queremos ver dicha pendiente no debemos conector el filtro de De-énfasis

Con el transmisor ajustado en condiciones normales (según tipo de equipo y separación entre canales), se mide la **desviación** de frecuencia para frecuencias de modulación de 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz. La frecuencia de referencia será la de **1000Hz.**

Anotar los resultados en una tabla como la mostrada a continuación:

Frecuencia modulación (Hz)	250	500	1000	2000	4000	8000
Desviación de frecuencia (KHz)			1,5/3			
Desviación. respecto 1,5/3 KHz (dB)			0			

En la tercera fila se anotarán las variaciones de la desviación de frecuencia respecto a la de referencia (1KHz de moduladora y 1,5KHz o 3 KHz de desviación de frecuencia, dependiendo de la separación de canales), expresado en dB. Para calcular la

$$Variación \quad dB = 20 \bullet \log\left(\frac{\Delta F}{1{,}5 \quad KHz}\right)$$

$$\Delta F \rightarrow Desviación \quad de \quad frecuencia \quad .$$

variación en dB respecto a 1,5KHz:

7.- ESTUDIO DEL RECEPTOR

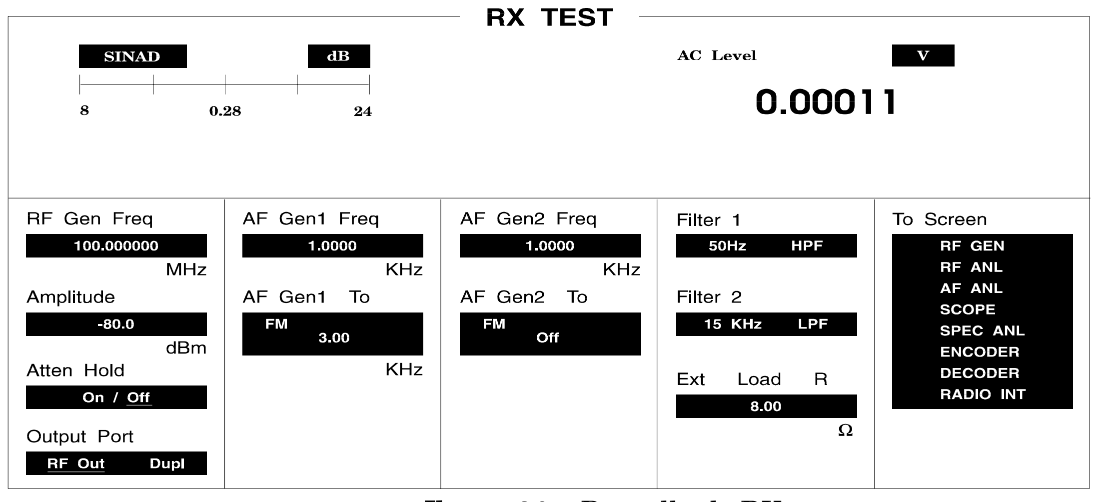
Para el estudio de un **receptor**, esto es, de la parte receptora de un transceptor, necesitamos que nuestro analizador se comporte como un transmisor, es decir, que envíe una señal conocida, con la modulación adecuada, al receptor a estudiar.(Ilustr 27.)

7.1- MEDIDA DE LA SENSIBILIDAD MÁXIMA UTILIZABLE

Una de las medidas que podemos hacer al RX es la ***sensibilidad máxima utilizable***, **que es el nivel mínimo de señal de RF necesaria para obtener, a la salida del RX, una señal de audiofrecuencia que tenga una ralación de SINAD de 20 dB ponderados sofométricamente.**

Para ello, hechas las conexiones, de acuerdo con la **Ilustr.28**, nos aseguramos que el transceptor está en **RX** y elegimos el menú de **RX**.

RX TEST



Ilustr. 36 Pantalla de RX

ESTADO DE LOS DISTINTOS CAMPOS:

1.- **RF GEN FREQ.** Situaremos la frecuencia del generador del Analizador, a la frecuencia del canal receptor.
2.- **ATEN HOLD** ....en OFF.
3.- **OUTPUT PORT** ....en RF OUT.
4.- **AF GEN 1 FREQ**........... en 1 KHz.
5.- **AF GEN 1** ....en FM y 1,5 KHz.
6.- **AF GEN 2 T**....................en OFF
7.- **FILTER.**1........................en 300 Hz.
8.- **FILTER 2** ....en CCITT.
9.- **EXTERNAL LOAD** ......en 8 Ω.

10.- El volumen a los 3/4 del valor máximo.
11.- **AMPLITUDE.** Cuando hayamos colocado adecuadamente todos los demás campos,

Iremos variando la amplitud de RF hasta obtener un SINAD de 20 dB ponderados sofométricamente (filtro 2 en CCITT).

Valores límite admitidos en todos los equipos: El valor necesario para obtener los 20dB de SINAD tiene que ser inferior a **6 dBμV** de F.E.M.

Otras medidas: Situando el cursor en **SINAD** y pulsando el "CURSOR CONTROL" aparece una lista de opciones de medida **distorsión**, **frecuencia de audio**, **nivel DC y la corriente**. Para medir la distorsión utilizaremos las condiciones utilizadas en la medida de SINAD.

Complementos: Puedes ver la **señal demodulada**, después de pasar por los filtros, en el osciloscopio.

7.2.- RESPUESTA EN AMPLITUD DEL LIMITADOR (O EFICACIA DEL C.A.G.)

Debido a que la **intensidad de la señal de RF** varía con la distancia de nuestro receptor a la emisora, e incluso debido a las condiciones meteorológicas, nos encontraríamos con <u>que el volumen de sonido varía</u> sin cambiar la posición del potenciómetro de volumen. Para evitarlo se introduce una realimentación negativa entre la salida del demodulador y el amplificador de frecuencia intermedia (FI).

La medida consiste en ver las variaciones del nivel de audio del RX en función del nivel de RF a la entrada. Si el **C.A.G** es eficaz no debe variar

Para ver las variaciones del nivel de audio, podemos utilizar el osciloscopio o bien la medida de AC.

Condiciones: Utilizar una moduladora de 1 KHz y una desviación de frecuencia de 1,5 KHz para una separación de canales de 10 KHz o 12,5 KHz y de 3 KHz para una separación de canales de 25 KHz. Para esta medida poner una carga de 8 Ω.

Para ello cambiaremos las unidades, colocando el cursor en el campo **AMPLITUDE** y pulsando la tecla de **dBμV.** Después iremos variando la señal de RF entre 0 dBμV y 100 dBμV según los incrementos reflejados en la tabla adjunta, y viendo cada vez el nivel de audio.(AC LEVEL). Si se realiza la medida con el osciloscopio, utiliza el marker en pico$^+$.

El nivel del **SQUELCH** debe estar situado bajo para que no corte la salida

La variación se entiende respecto al valor obtenido para **6 dBμ** de entrada de RF, que es el valor tomado como **referencia.**

Valor Límite permitido: La máxima **variación** permitida en la salida de la señal de audio es de **3dB** respecto a la que tenía para la referencia

Los cambios en la pantalla se pueden hacer pulsando alternativamente RX y PREV. Anota el resultado en la siguiente tabla

R.F. entrada (f.e.m. en dBμ)	0	3	6	10	20	40	80	100
Variación de la pot. de salida								
Variación Máx.								

NOTA *El dBμ es la tensión en dB referidos a 1μV. Así : nº $dB_{\mu V}$ =20 log V / 1μV. Ejemplo: una tensión de 0,1mV serán nº $dB_{\mu V} = 20 \log 0{,}1 \cdot 10^{-3}/1.10^{-6} = 40\ dB_{\mu V}$. Nos indica que son 40dB por encima de 1μV. O lo que es lo mismo decir, una tensión 100 veces mayor.*

7. 3.- MEDIDA DE LA RELACIÓN SEÑAL/RUIDO (S/N)

Basta hallar el nivel de AC con modulación y sin modulación (modulación=0). El cociente es la relación **S/N.** La medida se realizará con la modulación normal de ensayo. Dependiendo de la amplitud de RF tendremos un valor u otro. Tomaremos el nivel de RF obtenido en la medida de la sensibilidad máxima utilizable. Normalmente se expresa en dB:

$$S/N(dB) = 20 \cdot \log \left(\frac{AC\ con\ \mathrm{mod}\,ulación}{AC\ \sin\ \mathrm{mod}\,ulación} \right)$$

Otra forma más directa es medir la **potencia de audio** en dBm; la diferencia serán los dB de S/N.

S/N (dB) = dBm (con modulación) - dBm (sin mod.)

8.- TABLA RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE MEDIDA.

Equipo	Frec. de portadora (MHz)	Separación entre canales (KHz)	Desviación de Frec. Normal (KHz)	Frec. Moduladora Normal(Hz)	Pot. Canal Adyacente		
					Frec.Mod.	Sobre-modulación	BW a medir
CB-27	26.96a27.41	10	1,5 + 10 dB	1250	125Hz	10 dB	8,5 KHz
701-S	2-152 3-154 4-156	12,5	1,5	1000		20 dB	
801-S	2-454 3-458 4-462	25	3	1000			16KHz

9. - OTRAS FUNCIONES DEL MEDIDOR DE TRANSCEPTORES

LO LIMIT- HI LIMIT: permite fijar los límites para los cuales queremos dar como buena la medida. La aplicación fundamental es para la realización de medidas normalizadas, es decir, para poder decir si el equipo está dentro de los límites dados por la norma.

Para colocarlo:

1.- Pon el cursor sobre las unidades de medida del campo que interese.

2.- Pulsa: SHIFT y LO LIMIT

3.- Pulsa: SHIFT y HI LIMIT

Aparecen las letras LO y HI. Cuando se sobrepasan avisa de que la medida está fuera de límites, de alguna o varias de estas maneras:

1.- Genera un sonido (BEEP).

2.- Parpadea HI y LO.

3.- Aparece en la parte superior de la pantalla un mensaje.

4.- El MESSAGE también queda escrito.

Supresión de los límites:

1.- Posiciona el cursor en las unidades de medida.

2.- Pulsa: SHIFT y LO ó HI LIMIT y ON/OFF.

HELP: Ayudas y explicaciones varias.

MESSAGE: Da una lista de los errores que hayan ocurrido desde que se puso en marcha el aparato. Registra el tiempo que ha pasado.

HOLD: Detiene las medidas, mostrando la última. Para desactivarlo se pulsa la tecla de nuevo.

ADRS: Da la dirección del bus, en caso de que se utilice en modo remoto.

MEAS RESET: Borra e inicia de nuevo el cálculo del promedio de las medidas.

PRESET: Pone el instrumento en la configuración por defecto. No modificar la configuración por defecto.

CONFIGURE: Condiciones iniciales de fábrica. No cambiarlas.

ASSING LOCAL USER KEYS: Las teclas K1 hasta K5 se pueden asignar a un

campo determinado en una pantalla determinada. Son teclas de función programable. Asignando cada tecla a los campos más utilizados, será muy fácil acceder a dicho campo, sólo pulsando la tecla asignada. Para asignar una tecla:

1.- Pulsa SHIFT seguida de ASSIGN

2.- Pulsa la tecla **K** que se quiera utilizar. Le quedará asignado un número delante.

3.- Cuando se pulse una de las teclas asignadas, inmediatamente se ilumina el campo correspondiente y podemos hacer la modificación que se desee.

Para desactivar las asignaciones:

1.- Coloca el cursor sobre **el número** que queremos desactivar.

2.- Pulsa SHIFT y RELEASE.

3.- Pulsa la tecla correspondiente.

NOTA: *Las teclas K'1 ... no tienen tanta aplicación.*

SAVE y RECALL: Lo utilizaremos para almacenar y recuperar **configuraciones (no resultados de medida)**. Es muy práctico para las medidas que tengamos que hacer varias veces.

Para **grabar una configuración**, la que tenga el aparato en el momento de grabar, pulsamos SHIFT y SAVE. Aparece un campo en el que podemos dar un nombre, por ejemplo CB-27, pulsamos ENTER ó CURSOR CONTROL. También se le puede dar, sencillamente un número ó una letra.

Para recuperar la configuración, basta pulsar RECALL, seleccionar el nombre dentro de la lista que aparece a la derecha y pulsar ENTER.

Para **borrar un registro**, después de pulsar RECALL, posicionar el cursor delante del nombre a borrar, nos mostrará en la parte superior el % de memoria que ocupa, pulsar ON/OFF y nos preguntará si queremos borrarlo ó no, y pulsaremos YES o NO.

MISCELÁNEA

CANCEL: Cancela una operación que ya se ha iniciado.

⟵: Borra el último número introducido por teclado.

SQUELCH: (Silenciador) Ajusta el nivel al cual se desconecta el demodulador (AM, FM o SSB).

MEAS RESET: Cuando se están haciendo promedios muy altos, puede ser interesante, para no arrastrar valores anteriores, borrarlos e iniciar de nuevo el proceso. Este es el uso de **MEAS RESET**.

REF. SET: Se utiliza para poner una referencia a las medidas. Podemos introducir la referencia o bien pulsar "CURSOR CONTROL" con lo que tomamos el **valor actual** como referencia. Aparece, debajo de la medida, la indicación REF. A partir de este

momento nos medirá la diferencia. Para suprimir la referencia pulsamos ON/OFF después de SHIFT, REF